# TELECOMUNICAȚII

E 6748 FF
8 000000 530516

## 1957 - REVISTA TELECOMUNICAŢII - 1997

## NUMĂR FESTIV

ANUL XXIV
Nr. 2/1997
Bucureşti - România

# Telecomunicații

Apare trimestrial sub îngrijirea:

*Institutului Național de Studii și Cercetări pentru Comunicații*

*Universității Politehnica București*

*ROMTELECOM Centrul de Instruire și Documentare*

*ISSN 1223 - 6527*

**CONSILIUL DIRECTOR:**

**Ministrul Comunicațiilor:**
**SORIN PANTIȘ**

**Silviu AGAPI,**
**Adelaida MATEESCU,**
**Ioan STĂNCIULESCU,**
**Dumitru ANGHELESCU,**
**Ștefan MOLINARU,**
**Ioan CONSTANTIN,**
**Marin DRĂGULINESCU,**
**Nicolae MĂZGĂREANU,**
**Constantin ȘERBĂNESCU,**
**Alexandru Ștefan D. PREDA,**
**Adrian MORARU.**

**Redactor șef: Gudov CONSTANȚA**
**Redactor științific: Alexandru Ștefan D. PREDA**
**Tehnoredactare computerizată: Lucian Nicușor RUSU, Monica LAZAREC**
**Editare texte: Emiliea STOICULESCU**

**NUMĂRUL 2 / 1997**

## CUPRINS

1. ***Adelaida Mateescu, Alexandru Ștefan Preda***
EDITORIAL
- la a 40-a aniversare a revistei TELECOMUNICAȚII 3

2. ***Mircea Tulbure***
Organizarea sistemului de telecomunicații din România și strategia de dezvoltare 4

3. ***Ștefan Molinaru***
Starea actuală și perspectiva dezvoltării 7

4. ***Adelaida Mateescu***
Realizări și strategii de dezvoltare în învățământul superior de telecomunicații 14

5. ***Ion Stănciulescu***
Dezvoltarea cercetării în domeniul telecomunicațiilor. Realizări și perspective. 17

6. ***G. Mateescu***
Realizările și perspectivele Poștei Române 21

7. ***Nicolae Coțanis***
GSM, sistem de telefonie celulară pan - European 22

8. ***Gh. Cartianu, S. Condrea, Edm. Nicolau***
Direcții actuale de cercetare în electronică și telecomunicații în România 39

9. ***I. Constantinescu***
Cu privire la terminologia tehnică în telecomunicații 45

10. ***Alexandru Ștefan D. Preda***
Realizări și perspective în radioastronomie 48

**REVISTA TELECOMUNICAȚII**

**ÎN ATENȚIA AUTORILOR !**

*Textul unui articol, împreună cu figurile, figurile-foto și tabelele ce-l însoțesc, va cuprinde maxim 15 pagini A4 dactilografiate la două rânduri, pe hârtie albă, pe o singură față a filei.*

*Formulele se vor scrie clar, la mașină sau cu șablon cu tuș negru, conform STAS 1508-81 și Dicționarului limbii române.*

*Figurile și tabelele se vor executa la imprimantă laser (Laser Printer), pe calc, cu dimensiunile maxime: lățime 17cm și înălțime 23cm. Figurile foto vor fi clare, cu efecte de contrast pronunțate, ilustrând ideile din text.*

*Figurile, figurile-foto și tabelele prezentate separat de text, vor fi numerotate în ordinea prezentării în text și vor fi însoțite de borderourile corespunzătoare, dactilografiate pe pagini separate, care vor cuprinde numărul figurii (figurii-foto sau tabelului), titlurile și legendele.*

*Figurile, figurile-foto și tabelele vor fi indicate în text, în mijlocul unui rând nescris, cât mai aproape de textul corelat.*

*Fiecare articol va fi însoțit de cuvinte cheie și un rezumat în limbile română, engleză și franceză, care va cuprinde maxim șase rânduri dactilografiate.*

*Articolul va conține bibliografia folosită, dactilografiată pe o pagină separată de text conținând numele autorului, titlul articolului, titlul cărții sau revistei cu paginile corespunzătoare, editura, orașul și anul apariției. Când lucrarea citată a fost tradusă în limba română, titlul se scrie în traducere, dar cu mențiunea că lucrarea a fost tradusă, și din ce limbă.*

*Predarea la redacție a articolului se face în două exemplare.*

*Răspunderea corectitudinii pentru redactarea finală revine autorului.*

*Conform regulilor editoriale, articolele publicate în revistă nu se mai înapoiază autorului.*

*Articolele, întocmite potrivit regulilor de mai sus, se transmit d-lui prof. Alexandru Ștefan D. Preda, Facultatea Electronică și Telecomunicații, Bd. Armata Poporului nr.1, telefon: 410 54 00, int. 307, 442 sau 145.*

*Colegiul de redacție*

# EDITORIAL
# - la a 40-a aniversare a revistei TELECOMUNICAŢII

***Prof.dr.ing. Adelaida Mateescu, Prof.dr.ing. Alexandru-Ştefan Preda***

În anul acesta se împlinesc 40 de ani de la apariţia primului număr al revistei Telecomunicaţii. În aprilie 1957, numărul 1 al revistei, iniţiată şi condusă de un comitet de redacţie de înaltă ţinută ştiinţifică având ca redactor responsabil pe profesor doctor inginer Gheorghe Cartianu, vedea lumina tiprului. De la început prin primul articol editorial revista îşi deschidea coloanele fixându-şi următoarele obiective:

- perfecţionarea pregătirii inginerilor; tehnicienilor şi cercetătorilor în ramurile radiotehnicii, telefoniei şi telegrafiei;
- dezvoltarea simţului de răspundere şi al profesionalismului specialiştilor din domeniul telecomunicaţiilor;
- informarea asupra celor mai noi tehnologii şi realizări ale tehnicii telecomunicaţiilor;
- promovarea şi popularizarea principalelor rezultate ale cercetării ştiinţifice cu un accent deosebit asupra aspectelor aplicative;
- programarea standardelor şi a normelor datorate de organismele naţionale şi internaţionale în domeniul telecomunicaţiilor;
- prezentarea principalelor aspecte şi realizări tehnico-economice şi organizatorice.

Constatăm cu plăcere că obiectivele enunţate au fost urmărite şi îndeplinite cu perseverenţă chiar dacă lista lor a fost înbogăţită în conţinut şi cu grad de complexitate în acord cu uriaşele progrese din domeniu.

O scurtă analiză a istoriei acestei reviste, scoate în evidenţă faptul că prin contribuţia înaintaşilor şi a generaţiilor de specialişti care au urmat revista a reuşit să apară fără întrerupere, pe parcursul celor 40 de ani, chiar dacă, sub influenţa unor presiuni de conjunctură, a avut un titlu puţin schimbat în diverse etape, după cum urmează:

- între anii 1958 - 1970 - "Telecomunicaţii";
- între anii 1971 - 1973 - "Poştă şi Telecomunicaţii";
- între anii 1974 - 1989 - "Revista Transporturilor şi Telecomunicaţiilor;
- din 1990 şi până în prezent - Telecomunicaţii.

În acest moment aniversar actualul comitet de redacţie aduce un pios omagiu celor care au pus bazele acestei reviste şi s-au devotat asigurării unui conţinut adecvat cerinţelor tehnicienilor, inginerilor şi cercetătorilor care au realizat şi dezvoltat reţeaua naţională de telecomunicaţii, reţeaua de radiodifuziune, televiziunea naţională, staţiile de sol pentru comunicaţiile prin satelit, precum şi celelalte sisteme de telecomunicaţii. În acest sens reproducem în ultima parte a acestui număr omagial, articolele profesorilor Gh. Cartianu, S. Condrea, Edm. Nicolau şi I. Constantinescu, care au marcat prin activitatea şi contribuţiile lor o bună parte din istoria acestei reviste.

În acest deceniu revista Telecomunicaţii a reflectat fidel uriaşa dezvoltare a domeniului, progresele, strategia dezvoltării şi realizările telecomunicaţiilor în România. Dezvoltarea activităţilor de colaborare şi cooperare cu străinătatea au fost amplu reflectate în paginile revistei prin contribuţii de înaltă ţinută, ştiinţifică şi tehnică, din partea administraţiei, a cercetării şi nu în ultimul rând a învăţământului superior. Începând din anul 1993 câte un număr al revistei a reunit articole de autori români şi străini rezultate din activităţile de colaborare.

Acest număr aniversar reuneşte articole din principalele sectoare de activitate, din dorinţa de a prezenta principalele realizări şi perspectivele dezvoltării telecomunicaţiilor din România, în etapa actuală.

O menţiune deosebită se impune pentru sprijinul acordat de ROMTELECOM prin Centrul de Instruire şi Documentare, care a făcut ca forma actuală de prezentare a revistei să fie comparabilă cu cea a publicaţiilor similare din ţările avansate.

Fie ca viitorul revistei Telecomunicaţii să fie corespunzător viitorului pregnozat pentru telecomunicaţiile mileniului următor.

**La mulţi ani !**

# Organizarea sistemului de telecomunicații din România și strategia de dezvoltare

*Ing. Mircea Tulbure* *

Strategia de dezvoltare a telecomunicațiilor din România a fost definită ca o arie prioritară a infrastructurii macroeconomice. Cele mai importante obiective strategice s-au stabuilit în Planul de dezvoltare pe termen lung (1995 - 2005), elaborat de Ministerul Comunicațiilor în colaborare cu firma consultativă SOFRECOM. Obiectivele propuse sunt după cum urmează:

- instalarea de centrale digitale locale, de tranzit și internaționale cu scopul de a crește gradul de telefonizare de la 10% în momentul elaborării strategiei la 25-30% până în anul 2005;
- realizarea unei rețele de transmisiuni pe fibră optică având în final o lungime de peste 1000 km;
- înlocuirea echipamentului de comutație depășit din punct de vedere tehnic (centrale Rotary aflate în funcțiune de peste 30 de ani);
- conectarea la rețeaua telefonică a tuturor localităților din țară;
- securitatea și stabilitatea rețelei de telecomunicații;
- servicii de calitate și difersificare oferite clienților.

Regia Rom Telecom, în calitate de operator de telecomunicații, a abordat acest plan din trei puncte de vedere: sistemic, sectorial și al identificării factorilor care pot influența îndeplinirea obiectivelor strategice propuse.

Abordarea sistemică a însemnat că după preluarea strategiei de dezvoltare mai sus amintite și identificarea surselor de finanțare, să se treacă la schițarea planului de investiții. În acest sens se pot identifica două faze de dezvoltare impuse de operator:

- perioada dintre 1990 - 1992 în care au fost făcuți câțiva pași de bază pentru restructurarea rețelei naționale de telecomunicații;
- perioada de după 1992, când a început implementarea proiectelor de investiții de mare amploare, putându-se vorbi de începutul unei ere digitale" în sectorul telecomunicațiilor din România.

Abordarea sectorială s-a făcut din punct de vedere tehnic, analizându-se infrastructura rețelei naționale (nivelul tehnologic al echipamentului existent în rețea, tipul suportului de transmisiuni, interfețe, nivele ierarhice ale rețelei).

Până în anul 1992, conexiunile interurbane și internaționale erau analogice, iar rețeaua telefonică automată includea următoarele tipuri de echipamente de comutație:

- Rotary (produs de Electromagnetica) 26%
- Pentaconta (de asemenea produs de Electromagnetica) 63,6%
- Centrale manuale 10,7%

Toate centralele telefonice automate interurbane au fost tip Pentaconta 1000A.

Dezvoltarea începând cu anul 1992 a fost exclusiv digitală și producția de echipament depășit din punct de vedere tehnologic a fost stopată.

Reorganizarea rețelei naționale de telecomunicații pe patru niveluri, la propunerea Sofrecom, a determinat apariția a șapte centre de zonă în orașele: București, Bacău, Timișoara, Cluj, Brașov, Constanța, Galați. Centralele de tranzit instalate în aceste localități sunt furnizate de firmele Alcatel și Siemens.

* Direcția Dezvoltare Romtelecom

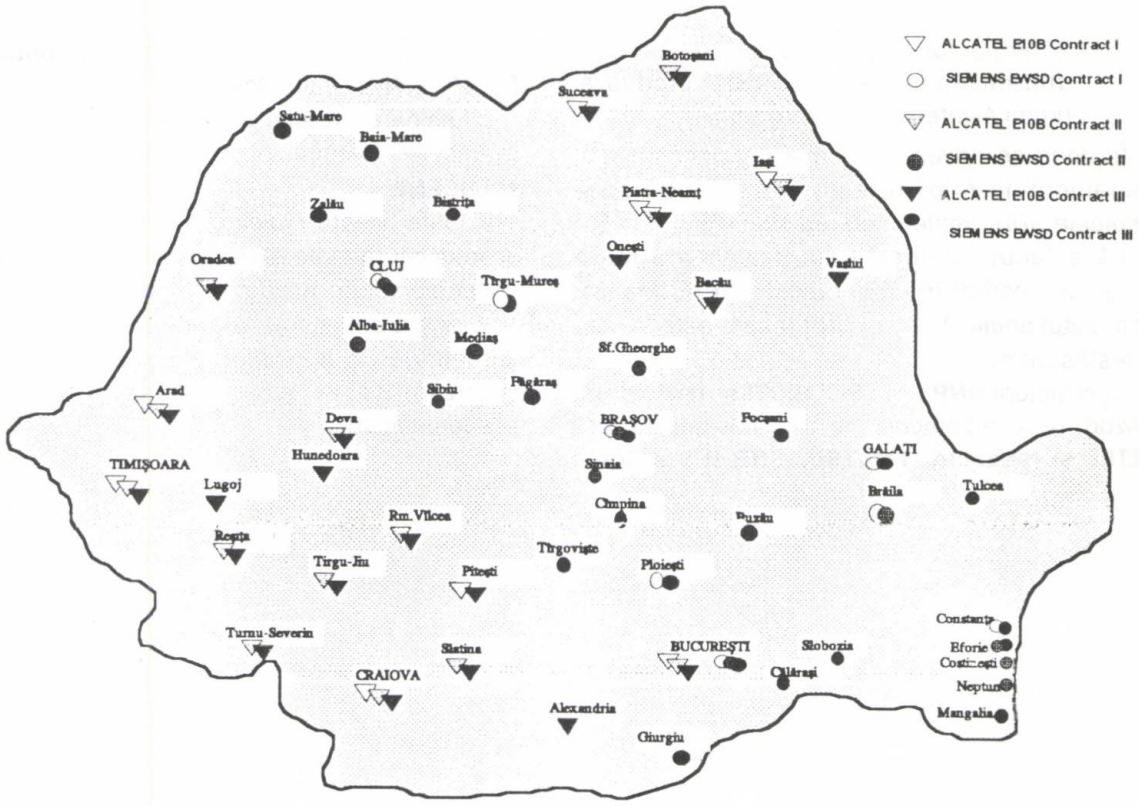


Fig.1 - Distribuţia centralelor digitale instalate pe tot teritoriul ţării.

Aceleaşi tipuri de echipamente sunt achiziţionate pentru centralele locale din oraşele mari aflate în zonele respective.

În figura care urmează se observă distribuţia uniformă a centralelor digitale instalate pe tot teritoriul ţării.

Pentru zona rurală, creşterea gradului de telefonizare s-a realizat având în vedere următoarea strategie de dezvoltare:

- instalarea de centrale automate în localităţi având o populaţie între 2000 şi 9000 locuitori. Echipamentele utilizate au fost până în prezent produse ale firmelor: EMGS (Starex), Felix Telecom (Selena), TOP9+ (Topex);
- automatizarea localităţilor poziţionate pe traseul de fibră optică;
- implementarea de proiecte regionale pentru zone cu deosebit potenţial economic.

În acest context, începând cu 1994, următoarele proiecte au fost puse în aplicare:

- Proiect pentru zona Prahova (EMGS - Goldstar) - cuprinde 76.440 linii. Proiectul a asigurat înlocuirea a 36.000 linii şi instalarea a 40.400 linii noi, în felul acesta 78 de localităţi din judeţ au fost conectate la reţeaua automată de telecomunicaţii. Durata de implementare a acestui proiect a fost estimată la trei ani.
- Proiect pentru zona Sighet (Ericsson) - cuprinde 27.000 linii. Proiectul asigură înlocuirea a 11.300 linii şi instalarea a 15.700 linii noi. Au fost automatizate 29 de localităţi rurale, iar durata de implementare a proiectului a fost estimată la 1,5 ani.
- Proiectul pentru zona Bacău (Telrad) - cuprinde 7.100 linii. Au fost înlocuite 2.000 linii şi 1.300 linii noi instalate. S-au automatizat 15 localităţi rurale. Durata de implementare a proiectului a fost estimată la un an.

Sistemele moderne de telecomunicaţii sunt în curs de experimentare în câteva zone cu densitate mare de populaţie:

- **1.** Proiectul Snagov pentru 1.200 de abonaţi - utilizează un echipament DRA 1900, produs al firmei Ericsson, bazat pe standardul DECT;
- **2.** Proiectul Arad pentru 1.000 abonaţi - utilizează echipament AIRLoop, produs al firmei Lucent, bazat pe tehnologia CDMA;

- **3.** Proiectul Iaşi pentru 1.000 abonaţi - utilizează echipament A9800 produs al firmei Alcatel, în standard DECT.

În ceea ce priveşte reţeaua de transmisiuni, echipamentele folosite sunt cele ce utilizează tehnologia SDH. Implementarea suportului de fibră optică a făcut obiectul unui proiect de mare anvergură, împărţit în două etape: **ONP I,** finalizat la începutul anului 1995 şi **ONP II** care este în curs de desfăşurare.

Contractorii **ONP I,** au fost **SIRTI** şi **TOMEN,** iar furnizorii de echipamente de transmisiuni au fost **ITALTEL** şi respectiv, **FUJITSU**. **ONP II** înseamnă numai achiziţionarea de cablu cu fibră optică de la firmele Siemens şi Ericcson.

Echiparea reţelei complete de fibră optică va avea în final echipament **SDH** de la firmele **FUJITSU** şi **LUCENT.**

Toate aceste proiecte de investiţii nu au drept scop decât lărgirea şi dezvoltarea infrastructurii de telecomunicaţii. Această in frastructură împreună cu oferirea unei game largi de servicii pentru toate categoriile de abonaţi nu fac decât să crească profitabilitatea şi eficienţa operatorului de telecomunicaţii.

# Starea actuală şi perspectiva dezvoltării radiocomunicaţiilor

*Ing. Ştefan Molinaru* *

## I. STAREA ACTUALĂ

### Obiect de activitate

Urmare a evoluţiei economico sociale şi în Ministerul Comunicaţiilor s-au produs o serie de transformări, una din cele mai importante fiind separarea operatorilor de organismul de reglementare.

Cerinţa de armonizare a legislaţiei, definirea atribuţiilor operatorilor pe domenii specifice în comunicaţii a devenit necesitate, astfel HG 448/91 prin care se înfiinţează R.A. Romtelecom, R.A. Radiocomunicaţii, R.A. - I.G.R., R.A. Poşta Română, materializează în parte aceasta.

R.A. Radiocomunicaţii are ca obiect de activitate administrarea, întreţinerea şi exploatarea, dezvoltarea şi modernizarea sistemului naţional de radiocomunicaţii.

R.A. Radiocomunicaţii - ca principal furnizor la nivel naţional în domeniul comunicaţiilor radio îşi exercită obiectul de activitate pe întreg teritoriul ţării, asigurând transportul şi difuzarea programelor naţionale şi a unor programe locale de radiodifuziune şi televiziune, precum şi a celor destinate străinătăţii.

R.A. Radiocomunicaţii participă la piaţa liberă a serviciilor de radiocomunicaţii cu valoare adăugată, în calitate de prestator de servicii, în condiţii de concurenţă loială cu alţi furnizori de servicii, direct, în asociere sau prin societăţi comerciale la care Regia este parte. De asemenea, realizează lucrări de proiectare, construcţii - montaj şi servicii.

### Organizarea R.A.R.

R.A. Radiocomunicaţii este condusă de un Consiliu de administraţie (7 membri), iar activitatea de conducere operativă este asigurată de un Comitet de Direcţie (director general, director tehnic, director economic, director comercial şi consilier juridic). Preşedintele Consiliului de Administraţie este Directorul General al Regiei. Pe ansamblul teritoriului, R.A. Radiocomunicaţii este alcătuită din patru subunităţi teritoriale precum şi un sediu al Regiei. Cele 4 subunităţi teritoriale (Direcţiile de Radio şi Televiziune) corespund ca desfăşurare teritorială principalelor provincii istorice ale ţării. Sediile subunităţilor teritoriale sunt la: Bucureşti, Cluj, Iaşi şi Timişoara. Direcţiile de Radio şi Televiziune sunt subordonate conducerii Regiei, activitatea lor curentă fiind coordonată de comitete de conducere (formate din director, director adjunct tehnic şi director adjunct economic).

### Clienţii R.A. Radiocomunicaţii

Principalii clienţi ai R.A. Radiocomunicaţii sunt Societatea Română de Radiodifuziune, Societatea Română de Televiziune şi R.A. Rom Telecom. Se poate spune că activitatea R.A. Radiocomunicaţii este tipul "monopol clienţi importanţi". Astfel, R.A. Radiocomunicaţii asigură transportul şi difuzarea celor trei programe naţionale de radio şi a celor două programe naţionale de televiziune TVR1 şi TVR2. R.A. Radiocomunicaţii asigură prin reţeaua de radiorelee proprie, peste 40% din necesarul de trafic analogic interurban şi R.A. Rom Telecom.

### Dotarea tehnică a R.A. Radiocomunicaţii

#### Rediodifuziune şi televiziune

Reţelele naţionale de radiodifuziune şi televiziune sunt structurate în centre de emisie repartizate pe întreg teritoriul României. Reţelele acestea asigură difuzarea programelor publice ale Societăţii Române de Radiodifuziune şi respectiv Societăţii Române de Televiziune:

**Radiodifuziune** - "România actualităţi", (fost program 1), "România Cultural", (fost program 2), "România Tineret", (fost program 3) "România Internaţional", Programe ale studiourilor teritoriale;

* Director General R.A. Radiocomunicaţii

**Televiziune** - "Programul TVR 1", Programul TVR 2".

Acoperirea teritoriului naţional cu programe de radiodifuziune, se realizează printr-o întreţesere a staţiilor în gamele undelor UL (unde lungi), UM (unde medii), şi UUS (unde ultrascurte).

Datorită particularităţilor de propagare a undelor clasice (unde lungi şi medii), aceste staţii asigură deservirea populaţiei cu programe, atât în marile oraşe, cât şi în zonele rurale, unde emiţătoarele în gama undelor UUS nu pot fi recepţionate în foarte multe cazuri. Reţelele UUS au fost structurate pentru deservirea în condiţii superioare de calitate a zonelor urbane.

Reţeaua naţională TVR 1 a fost dezvoltată în gama undelor VHF, iar reţeaua naţională TVR 2 a început să fie structurată în gama undelor UHF.

Între anii 1982 - 1995, cu 2-3 excepţii, din motive tehnice care nu au depins de sector, nu s-au mai făcut practic investiţii pentru retehnologizarea sau dezvoltarea reţelelor naţionale de emiţătoare radio şi TV. Datorită acestui fapt s-a ajuns la o stagnare a calităţii şi diversităţii serviciilor oferite.

De asemenea, costurile de exploatare au devenit foarte mari datorită parametrilor necompetitivi ai echipamentelor în raport cu tehnologia actuală (energie electrică consumată mare, costuri pentru tuburi în $ mult prea mari, etc).

Devine stringentă necesitatea atât a retehnologizării, dezvoltării, cât şi a restructurării pe criterii economice a întregului sector.

**Reţeaua naţională de radiorelee**

Liniile de radioreleu de mare capacitate de 1800 de circuite telefonice au o lungime totală de aproximativ 8 500 km, cele de medie capacitate de 960 de căi au o lungime totală de 1 500 de km, iar linia digitală de 4x34 Mb/s are o lungime de 150 km.

Circuitele de televiziune transportate cu ajutorul radioreleelor au o lungime de 4000 km pentru programul TV1, 2 500 km pentru programul TV2, 3 500 km pentru reportaje TV şi schimburi internaţionale de programe şi 20 000 km pentru transportul programelor de radio.

Configuraţia reţelei este în cea mai mare parte 3+1, cele trei fascicole principale având destinaţia de telefonie, televiziune programul TV1 şi televiziune programul TV2.

Echipamentele de radioreleu sunt instalate în peste 100 de staţii din ţară, în cea mai mare parte în clădiri proprietate a R.A. Radiocomunicaţii.

Cu excepţia rutei difgitale Bucureşti - Cheia - Braşov, instalată în anul 1991, cu echipamente Siemens Telecommunicazioni, toate celelalte linii ale reţelei sunt analogice.

Majoritatea echipamentelor de radioreleu analogice aflate acum în exploatare au fost produse de firma GTE Telecommunicazioni din Italia, iar o parte au fost fabricate în ţară, la ICRET, în colaborare cu GTE.

Prima generaţie a acestor echipamente, tip CTR 108 echipată cu tuburi cu undă progresivă a început să fie montată în decursul anului 1963 între Harghita şi Cluj apoi, în 1966, s-a început instalarea pe magistralele Bucureşti - Galaţi şi Bucureşti - Harghita. Au urmat apoi câteva etape în decursul cărora, între 1968 şi 1980 au fost instalate echipamente tip CTR 122, CTR 124 şi CTR 141, dotate cu multiplicatoare de frecvenţă. În cursul anului 1985 au mai fost instalate câteva linii de radioreleu cu echipamente de fabricaţie GTT - Ungaria dotate cu tuburi cu undă progresivă, tehnologie uzată moral pentru acea dată.

Datorită depăşirii duratei normale de funcţionare a unei mari părţi a echipamentelor aflate în exploatere şi a lipsei pieselor de schimb şi a subansamblelor, menţinerea în funcţionare în parametri nominali este dificilă şi necesiotă lucrări de adaptare în special pentru înlocuirea amplificatoarelor cu undă progresivă şi a alimentatoarelor acestora.

Vechimea echipamentelor pe de o parte şi creşterea gradului de ocupare a reţelei pe de altă parte, cresc dificultatea exploatării şi a întreţinerii reţelei.

**Staţia de sol Cheia**

Staţiile de sol CHEIA - 1 şi CHEIA - 2 funcţionează din 1976 şi respectiv 1978 asigurând legături telefonice şi televiziune ocazională în zonele Oceanului Atlantic şi Indian.

Ambele sunt standard A (vechi) cu antene de 32 m diametru şi au fost echipate iniţial pentru asigurarea de legături analogice.

Începând din 1992 s-a trecut la înlocuirea treptată a echipamentului analogic cu echipament digital pentru asigurarea legăturilor de tip IDR (Intermediate Data Rate) şi instalarea de amplificatoare de transmisie tranzistorizate în locul celor cu tub cu undă progresivă.

Majoritatea circuitelor funcţionează în prezent pe echipamentul digital. Circuitele analogice rămase în funcţiune sunt pe relaţii cu trafic redus şi în funcţie de aranjamentele clientului

(ROMTELECOM) cu partenerii de trafic vor fi convertite, la IDR, TDMA sau DAMA (Demand Asignment Multiple Accesing), ultima soluţie implicând cheltuieli mici pentru segmentul spaţial, datorită standardului maxim al antenelor.

Staţia de sol CHEIA-3 a devenit operaţională în Decembrie 1991.

Operează în banda Ku fiind echipată cu rol primar pentru legături telefonice cu state din Europa în sistem TDMA, pentru un număr maxim de 430 de circuite telefonice, lucrând cu rezervare caldă.

Pentru îndeplinirea rolului secundar de televiziune ocazională, este echipată cu un lanţ complet de transmisie şi recepţie de televiziune analogică, cu menţiunea că partea de transmisie a acestuia este folosită în unele perioade ca rezervă pentru telefonie datorită configuraţiei BTP-ului pentru operare în dublă polarizare.

## II. Perspectivele dezvoltării

### Dezvoltare a reţelei existente

### Dezvoltarea reţelei de radiorelee

Liniile actuale de radioreleu, asigură transportul circuitelor telefonice interurbane şi internaţionale de medie şi mare capacitate, distribuţuia programelor naţionale de radio şi televiziune, schimbul programeolor internaţionale de televiziune, precum şi inserţia reportajelor TV din ţară.

Reţeaua de radiorelee are în componenţă linii magistrale care pleacă din Bucureşti spre principalele oraşe ale ţării pe următoarele rute:

- Bucureşti-Piteşti-Craiova-Timişoara (cu varianta Piteşti-Sebeş-Timişoara)
- Bucureşti-Harghita-Feleac-Oradea (cu varianta Harghita-Bacău-Iaşi)
- Bucureşti-Ploieşti-Braşov
- Bucureşti-Focşani-Galaţi-Iaşi
- Bucureşti-Slobozia-Constanţa.

În scopul creşterii fiabilităţii transmisiunilor, extremităţile liniilor magistrale sunt conectate prin internediul unor bucle de rezervare.

Pentru circuitele telefonice transportate cu ajutorul radioreleelor se asigură conexiunea cu centrele de zonă şi cu alte centre de comunicaţie, iar circuitele de televiziune şi de radio asigură distribuţia programelor de radio la emiţătoare.

Fasciculele de telefonie şi cele de televiziune de pe principalele magistrale şi de pe buclele de închidere a reţelei folosesc o rezervă comună.

Benzile de frecvenţe de 2, 4, 6 şi 7 Ghz, atât CCIR cât şi OIRT, în care operează radioreleele reţelei naţionale sunt rezervate în exclusivitate acestei aplicaţii, R.A. Radiocomunicaţii având monopolul utilizării acestor benzi. Se preconizează, totuşi, eliberarea în viitor a benzii de 2 GHz în vederea alinierii la reglementările internaţionale privind introducerea S-PCS. (Satellite - Personal Communications System).

Tehnologiile digitale, aplicate la radiorelee permit pe de o parte o utilizare mai eficientă a spectrului de radiofrecvenţă, care este o resursă limitată, ier pe de altă parte, prin folosirea compresiei digitale, multiplicarea de până la 4 ori a numărului de circuite telefonice transmise pentru o capacitate dată.

De asemenea, aceste echipamente pot asigura calitatea transmisiei la aceeaşi parametri ca şi fibra optică.

În aceste condiţii, prin utilizarea unei porţiuni din spectrul de frecvenţe care permite transmiterea a 300 de căi telefonice folosind echipament analogic, se pot transmite 1920 căi telefonice la aceeaşi parametrii ca şi fibra optică.

Timpul şi cheltuielile de instalare sunt foarte reduse datorită utilizării amplasamentelor existente folosite de reţeaua analogică aflată în funcţiune.

Prin folosirea rezervelor calde fiabilitatea este foarte ridicată.

Datorită amplasării concentrate a echipamentului, gradul de protecţie în cazul unor accidente sau calamităţi, este foarte mare, iar timpul de repunere în funcţiune este foarte mic.

Dezvoltarea reţelei de radiorelee folosínd echipament digital a fost gândită în două etape :

**I.** Asigurarea rutelor principale pentru reţeaua naţională de telefonie prin conectarea Bucureştiului cu Timişoara, Craiova, Cluj, Braşov, Bacău, Galaţi.

**II.** Asigurarea rutelor de rezervă pentru aceste puncte, precum şi conectarea principalelor oraşe ale ţării la reţeaua digitală.

În cadrul acestei etape s-a prevăzut şi modernizarea reţelei de distribuţie pentru programele naţionale publice de radio şi releviziune precum şi extinderea acestora, în principal a programului 2 al TVR, realizarea comună a tuturor acestor obiective ducând la reducerea costurilor cu circa 30%.

### Dezvoltarea staţiei de sol CHEIA-3 EUTELSAT

În cazul în care se va ajunge la o înţelegere cu partenerii de trafic pentru trecerea circuitelor

rămase în lucru pe INTELSAT, staţia va putea fi folosită pentru alte servicii prin reorientarea antenei pe alt satelit din INTELSAT, EUTELSAT, sau alt sistem care utilizează banda Ku.

Staţia disponibilizată astfel va putea fi transformată în HUB pentru reţele VSAT.

De asemenea staţia ar putea fi folosită pentru transmisia unor programe de televiziune analogică sau digitală cu investiţie minimă în echipamentul de multiplexare terestră.

Echipamentul sepcific TDMA disponibilizat va putea fi utilizat pentru asigurarea de circuite telefonice prin INTELSAT cu state pentru care traficul este redus.

### Reţeaua de radiodifuziune în Unde Clasice (Unde lungi şi medii) UL, UM

Menţinerea în funcţie a acestei reţele se motivează având în vedere următoarele :

- posibilitatea recepţionării programelor în această gamă pe întreg teritoriul,indiferent de relief;
- accesibilitatea la programele emise a tuturor categoriilor sociale indiferent de condiţiile materiale;
- reţelele de radiodifuziune sunt astfel realizate încât emiţătoarele din gama undelor clasice asigură fie preponderent fie complementar difuzarea programelor publice.

Situaţia actuLă în gama undelor clasice, după părerea noastră, nu poate continua. Ca soluţii pentru viitor se întrevăd două alternative:

**A)** O retehnologizare rapidă a întregii reţele care va avea ca urmare o reducere drastică a tuturor cheltuielilor de întreţinere şi exploatare, amortizarea putându-se face în acest caz rapid. Se reduc imediat cheltuielile cu energia electrică, tuburi electronice, personal.

Această variantă implică însă o susţinere financiară importantă.

**B)** Dacă varianta A nu poate fi implementată, din motive independente de R.A. Radiocomunicaţii, se poate avea în vedere o retehnologizare lentă, cu înlocuirea obligatorie a unor echipamente care efectiv nu mai pot funcţiona (cu ar fi Bod, Uricani, Boldur, etc. ). Aceasta implică însă ca o parte din cheltuielile suplimentare datorate stării echipamentelor să fie suportate prin modificarea tarifelor.

Dezavantajul constă în perpetuarea situaţiei pe un timp mai îndelungat, dar permite în cazul unor resurse limitate îndreptarea fondurilor în domenii ale sectorului de radiodifuziune cu rentabilitate ridicată şi imediată.

Complementar se pot studia şi apoi implementa unele reţele de emiţătoare sincronizate care să înlocuiască în viitor staţiile mari consumatoare de energie.

### Reţeaua de radiodifuziune în unde scurte (US)

Centrele de emisie în gama undelor scurte (US) realizează emisiuni pentru străinătate, difuzând programele "România Internaţional" şi "România Actualităţi". Aceste emisiuni aflate sub egida MInisterului de Externe, oglindesc politica guvernului României în domenioul naţional şi internaţional, contribuind la realizarea unei imagini obiective a României în străinătate.

### Reţeaua de radiodifuziune în Unde Ultrascurte (UUS)

În prezent în gama acestor unde există două reţele naţionale în norma OIRT (Banda de frecvenţă: 66-74 MHz). De asemenea, în prezent funcţionează numai 4 emiţătoare în gama CCIR. Este obligatorie alinierea României la normele Comunităţii Europene în ceea ce priveşte gestionarea spectrului de frecvenţe, deci părăsirea acestei benzi şi implementarea a două reţele naţionale în norma CCIR (Bandă de frecvenţă: 87,5 - 108 MHz).

Există următoarele probleme fundamentale care trebuie soluţionate:

- Eliberarea canalelor 4 şi 5 din reţeaua naţională TVR 1;
- Eliberarea segmentului de gandă: 104-108 MHz;
- Definitivarea coordonării tuturor frecvenţelor din plan cu Administraţiile ţărilor vecine;
- Definirea concretă a reţelelor posibile, în prezent, din punct de vedere frecvenţă-amplasament.

Specificul emisiunilor în UUS, datorită puterilor mici ale emiţătoarelor, fac ca aceste servicii să aibe o rentabilitate foarte bună şi imediată.

### Televiziune program 1

Reţeaua emiţătoarelor ce difuzează programul TVR 1 a fost realizată în gama VHF.

Datorită necesităţilor de trecere a emisiunilor de radio UUS în norma CCIR şi datorită necesităţii introducerii serviciului de radiodifuziune digitală T-DAB se impune renunţarea din motive tehnice de

gestionare a sectrului de frecvenţă, la canalele de televiziune 4, 5, 11 şi 12.

Aceasta implică scoaterea din funcţiune a 13 staţii de televiziune şi a unui număr considerabil de translatoare Tv aferente, ceea ce practic este inacceptabil din punct de vedere al deservirii populaţiei cu program TVR 1 (singurul program cu acoperire naţională existent în România). Până acum nici unul din studiile instituţiilor specializate nu au oferit soluţii concrete la această problemă.

Chiar dacă teoretic ar exista soluţii, la câteva din aceste staţii, problemele de coordonare a frecvenţelor cu Administraţiile ţărilor vecine, ar împinge rezolvarea într-un timp nedeterminat.

După cum este cunoscut, în gama de frecvenţe UHF, pentru România, este posibilă implementarea a două reţele de televiziune şi a unei reţele cu acoperire parţială.

Este necesar ca organele abilitate să aprobe ca programul TVR 1 să fie difuzat mixt în VHF şi UHF.

În orice caz, în viitorul imediat, se poate continua cu retehnologizarea staţiilor care nu emit în canalele: 4, 5, 11 şi 12. Prioritară este îmbunătăţirea deservirii cu program TVR1, atât din punct de vedere al calităţii, cât şi ca acoperire a capitalei, prin înfiinţarea unui nou Centru de Emisie Tv.

**Televiziune program 2**

În prezent numai 31% din populaţia ţării poate recepţiona programul TVR2.

Presiunea telespectatorilor asupra factorilor de răspundere din Parlament, S.R. de Televiziune, Ministerul Comunicaţiilor, R.A. Radiocomunicaţii, Organe Locale, Prefecturi, este din ce în ce mai mare şi perfect motivată. Strategia R.A. Radiocomunicaţii nu poate veni decât în întâmpinarea acestei cerinţe legitime şi prevede dezvoltarea reţelei naţionale TVR2 în maxim 5 ani. Nu există nici un fel de impediment din punct de vedere legislativ şi de gestionare a frecvenţelor pentru ca dezvoltarea să fie fezabilă.

## Dezvoltarea sectorului ca urmare a introducerii serviciilor noi

### Dezvoltarea serviciilor noi în domeniul radioreleelor

Prin retehnologizarea reţelei naţionale de radiorelee se va asigura, pe de o parte, creşterea calităţii serviciilor prestate clienţilor tradiţionali, iar pe de altă parte, se va deschide posibilitatea oferirii de servicii noi.

Ca potenţiali clienţi ai noii reţele digitale de radioreleu a R.A. Radiocomunicaţii se pot enumera:

- Cel de-al treilea canal naţional de televiziune TV3, căruia i se vor oferi servicii de transport programe incluzând distribuţia de la studiourile de televiziune la emiţători, transmisia de reportaje din diverse puncte şi schimburi internaţionale de programe. Aici se poate evidenţia faptul că R.A. Radiocomunicaţii dispune de infrastructura necesară realizării acestui serviciu, având staţiile terminale de radioreleu amplasate în clădirile în care se vor instala emiţătoarele pentru TV3.

Operatorii de telefonie celulară GSM pentru care se pot asigura servicii de tranzit interurban şi inserţii/extrageri în staţiile repetoare.

Operatorul naţional de telefonie celulară analogică (aceleaşi servicii ca şi pentru GSM).

Operatorii de televiziune prin cablu pentru care se pot oferi servicii de transport programe de televiziune între diferite localităţi.

Televiziunile particulare, cărora li se vor oferi servicii de distribuţie de programe la nivel local sau naţional şi servicii de transport al reportajelor din ţară.

Societăţi naţionale de unităţi publice care sunt interesate în transmiterea de informaţii sub formă digitală (teleconferinţe, transmisii de date).

Bănci şi companii private cu sucursale în diferite localităţi interesate în transmisia de date.

Operatori de paging, care pot beneficia de servicii de transmisiuni de date.

Conectarea furnizorilor de servicii Internet din ţară la un nod de reţea comun.

### Servicii cu valoare adăugată şi servicii noi care se pot realiza pe reţelele de radiodifuziune şi televiziune

**a) Servicii cu valoare adăugată**

Servicii cu valoare adăugată cum ar fi RDS (Radio Data System), TELETEXT nu se pot realiza în condiţii calitative acceptabile pe reţelele actuale, din cauza unor restricţii tehnice şi de parametrii calitativi ai echipamentelor insurmontabile.

Aceste servicii sunt deja prevăzute a se dezvolta pe măsura implementării noilor echipamente. Serviciile cu valoare adăugată pot avea un rol decisiv în rentabilizarea reţelelor radio-TV.

**b) Servicii noi**

Pe plan mondial, în prezent s-a început restructurarea fundamentală a serviciilor de radiodifuziune şi televiziune prin trecerea la

tehnologii digitale de emisie. Din considerente de eficientizare a utilizării spectrului de frecvenţe, eficientizare economică a serviciilor (putere de emisie redusă în reţea, mai multe programe difuzate de acelaşi emiţător, calitate de neconceput în sistem analogic, în special pentru receptoarele mobile) pe plan mondial s-a început implementarea unor reţele terestre naţionale de radiodifuziune T- DAB (Terrestrial Digital Audio Broadcasting) şi televiziune DVBT (Digital Video Broadcasting Terrestrial). De asemenea, sistemele sunt compatibile cu toate facilităţile actuale ale sistemelor informaţionale şi multimedia.

R.A. Radiocomunicaţii are în strategie prevăzută realizarea unor reţele naţionale de radio şi televizune digitale. Pentru aceasta este necesar ca R.A. Radiocomunicaţii să adere de urgenţă la organizaţiile europene în domeniu, fapt care va permite, în schimbul unei taxe modice, accesul la toată documentaţia şi experienţa în domeniu. În consecinţă se vor putea procura în mod operativ softurile necesare introducerii acestor servicii la nivel naţional.

În viitorul imediat R.A. Radiocomunicaţii are capacitatea ca pe baza aprobării Ministerului Comunicaţiilor, să înceapă un experiment T-DAB în Bucureşti.

**Alte propuneri privind dezvoltarea de servicii noi pentru diversificarea obiectului de activitate**

**Servicii VSAT**

Implementarea serviciilor de tipul VERY SMALL APERTURE TERMINALS SERVICES (V.S.A.T.s), este oportun luând în considerare combinaţia complexă între tehnologie, legislaţie şi forţa pieţei:

- dezvoltarea societăţilor publice şi private din România necesită în primul rând servicii de telecomunicaţii moderne, rapide şi eficiente pentru a-şi desfăşura activităţile în regim de competitivitate la nivel internaţional;
- serviciul V.S.A.T. este realizat folosind numai segmentele de comunicaţii prin satelit;
- R.A. Radiocomunicaţii are în proprietate gestiunea accesului la segmentul spaţial prin sateliţii aparţinând INTELSAT, EUTELSAT şi INTERSPUTNIK.

Legislaţia actuală în România permite instalarea şi utilizarea de terminale V.S.A.T. atât de către Operatorii Naţionali cât şi de companiile private (Ordinul MC nr. 177/aprilie 1996 - privind autorizarea reţelelor VSAT pentru comunicaţii în serviciu fix prin satelit). Accesarea segmentului spaţial pentru România se face prin semnatarul Acordurilor de Exploatare la aceste sisteme: R.A. Radiocomunicaţii - operatorul naţional în domeniul comunicaţiilor spaţiale.

Serviciul V.S.A.T. permite transferul de informaţii către un terminal şi/sau de la unul la mai multe terminale cu ajutorul satelitului geostaţionar. Există un terminal pentru fiecare beneficiar al serviciului. Folosirea serviciului V.S.A.T. reduce costurile de telecomunicaţii şi face ca satelitul să devină un instrument de telecomunicaţii pentru marii şi micii utilizatori, care pot fi: bănci - sedii centrale şi locale, societăţi de asigurări, industria petrolieră, industria minieră, sistem de rezervări în transporturi, construcţii, reţele hoteliere, agenţii de turism, reţele de magazine pentru vânzări cu amănuntul şi en gros, şcoli.

Reţelele V.S.A.T. sunt aplicabile atât pentru transfer pachete de date cât şi pentru comutaţie de date în circuit. Aplicaţiile uzuale cuprind: transfer de date, fax rapid, grafice, imagini video, videotex, informaţii vocale. Avantajele reţelelor V.S.A.T. includ:

- utilizarea serviciului în orice zonă geografică datorită posibilităţilor totale de acoperire a satelitului geostaţionar (avantaj major faţă de sistemele clasice);
- instalare rapidă;
- costul serviciului nu depinde de distanţă;
- transmisia se poate face în mai multe direcţii simultan;
- serviciu complet digitalizat;
- siguranţa transmisiei informaţiei;
- managementul şi controlul reţelei, datorită unei singure administrări (HUB station);

Tehnologia V.S.A.T. presupune atât existenţa unei structuri proprii tip reţea, cât şi posibilitatea utilizării suportului existent de telecomunicaţii pentru dialog (interconectare, interfaţă de lucru, etc). Variantele oferite de acest serviciu includ orice fel de servicii de telecomunicaţii, care utilizează echipamente digitale şi canale de telecomunicaţii diferite. Pentru serviciile publice, accesul se face prin circuite închiriate.

**Nod de distribuţie INTERNET - la nivel naţional**

- Realizarea unui nod de transmisiuni de date este posibilă - folosind echipamentele

existente în dotarea Regiei - la staţia de sol Cheia şi a radioreleului digital Bucureşti - Cheia, pentru furnizarea de serviciu "carrier".

- Potenţiali clienţi pentru servicii INTERNET sunt:

**I.** Furnizorii de servicii Internet de nivel (backbone national)

**II.** Societăţi de Tv prin cablu.

**Servicii de WIRELESS LOCAL LOOP (WLL)**

Având în vedere slaba telefonizare a zonelor rurale precum şi a marilor aglomerări urbane, sistemele de tipul WLL constituie o soluţie rapidă şi eficientă în acoperirea cu necesarul de sisteme de telecomunicaţii a acestor zone.

Avantajele sistemului:

- cost mic pe abonat;
- rapiditate în implementarea sistemului;
- perioada scurtă de recuperare a investiţiei.

Din punct de vedere al legislaţiei este necesar ca Ministerul Comunicaţiilor să elaboreze reglementări privind implementarea acestui sistem.

## Concluzii

Restructurarea sectoruliui de radiocomunicaţii implică, în primul rând, considerăm, o schimbare a cadrului - juridic, schimbare de esenţă. Ca în orice alt domeniu de activitate se doreşte o creştere a eficienţei economice şi reaşezarea fiecărui sector pe bază de profit, stabilirea unor relaţii economice cu alţi agenţi care să corespundă pe de o parte atât cerinţelor proprii de dezvoltare, cât şi, pe de altă parte, interesului general.

Pornind de la interesul general şi satisfacerea acestuia, fără ca prin aceasta să se realizeze în detrimentul vreunei părţi vreo vătămare, sectorul de radiocomunicaţii trebuie să-şi continuie rolul de transportator al programelor de televiziune şi radiodifuziune, prioritar al celor care prin lege sunt constituite în servicii publice, fără însă a frustra prin aceasta alţi producători.

Societatea comercială, ca formă juridică de organizare, corespunde, în dinamica evoluţiei, unei organizări moderne, o confirmă modalitatea în acţiune, răspunderile privind administrarea domeniului fiind "intuitae personae" şi nu disipate.

Deşi ramură strategică şi de interes naţional, sectorul de radiocomunicaţii nu-şi pierde caracterul prin transformarea formei juridice, iar pârghiile de control ale statului nu ar dispare, statul păstrând pachetul majoritar al acţiunilor.

În măsura în care R.A. Radiocomunicaţii va parcurge etapa transformării în societate comercială, obiectul de activitate va trebui definit astfel încât activităţile pe care acesta le-ar presta să corespundă cerinţelor în domeniu şi să permită corelarea cu prevederi impuse în actele normative existente.

# Realizări și strategii de dezvoltare în învățământul superior de telecomunicații

*Prof.dr.ing. Adelaida Mateescu* *

**Aniversările** constituie ocazii pentru bilanțiri și planuri de viitor. Aniversarea a 40 de ani de la apariția în 1957 a primului număr al revistei "TELECOMUNICAȚII" este un astfel de prilej pentru școala românească de inginerie în telecomunicații.

Prima facultate cu profil de elecrtronică și telecomunicații din România s-a constituit în septembrie 1953, desigur nu întâmplător, cu puțin timp înaintea apariției revistei. Consolidarea școlii și a breslei de ingineri și tehnicieni în telecomunicații au condus la editarea revistei ca for de comunicare și dezvoltare a rețelei naționale de telecomunicații.

Cele mai importante succese ale școlii superioare românești, îndeosebi rezultatele valoroase ale cercetării științifice au fost publicate pe parcursul anilor în paginile revistei, devenind cunoscute specialiștilor din țară și din străinătate.

Care sunt principalele realizări ale învățământului ingineresc de telecomunicații ce pot fi menționate cu ocazia acestui moment aniversar? După părerea mea sunt următoarele:

- dezvoltarea și consolidarea unor structuri universitare (facultăți, specializări, catedre) într-un sistem stabil dar în același timp adaptiv dinamicii tehnologiilor de telecomunicații;
- formarea generațiilor de ingineri care au dezvoltat și modernizat rețeaua națională de telecomnunicații și radiocomunicațiile, atât în etapele de pionierat, cât și în acord cu exigențele societății globale in formaționale;
- stimularea cercetărilor științifice și tehnologice din universitate în direcțiile moderne de mare importanță în etape cheie ale dezvoltării telecomunicațiilor (ex. sistemele de radiocomunicații, teoria informației, cibernetica, comutația electronică, transmisiunile de date și mai recent prelucrarea numerică a semnalelor de telecomunicații, sistemele de comunicație cu spectrul împrăștiat, sisteme adaptive, protocoale de comunicații de înalt nivel, modele de trafic și de date, comunicații mobile, ș.a.);
- deschiderea învățământului universitar de telecomunicații spre universitățile cu profil asemănător din Europa și din alte țări cu tehnologie avansată, prin dezvoltarea unor relații de parteneriat (programe TEMPUS, COPERNICUS, schimburi de studenți și cadre didactice, doctorate în cotutelă, programe de cercetare bilaterale ș.a.);
- realizarea în colaborare și în parteneriat cu instituții din țară, îndeosebi cu regiile autonome ROMTELECOM și REDIOCOMUNICAȚII, a unor acțiuni de informare și de formare postuniversitară prin cursuri intensive, cursuri de vară, seminarii, pe teme de mare actualitate (ex. comunicații pe fibre optice; prelucrarea numerică a semnalelor; comunicații multimedia; aplicații ale limbajului SDL ș.a.), la unele dintre acestea, beneficiind și de aportul unor profesori de prestigiu din străinătate.

Structurile actuale de formare a specialiștilor cu calificare superioară în telecomunicații sunt rezultatul aplicării reformei învățământului. Aceste structuri sunt integrate organic în sistemul de învățământ universitar din România, organizat în cadrul legislației actuale și având la bază principiul autonomiei universitare.

Inginerii sunt pregătiți 5 ani de studii cu o pregătire fundamentală în **electronică și telecomunicații** în primii 2 ani, urmată de o pregătire de specialitate în **comunicații** în următorii 3 ani. Conținutul și nivelul cursurilor de pregătire este similar cursurilor din universitățile europene de prestigiu.

* Universitatea "POLITEHNICA" din București

Pregătirea de specialitate în **comunicații** se realizează prin cursuri generale de sisteme, rețele, arhitecturi și servicii de comunicații dar și prin direcții opționale, cobnstituite din pachete de discipline, structurate flexibil și care sunt adaptate permanent noilor tehnologii de telecomunicații.

Dacă baza materială a laboratoarelor este destul de precară în ceea ce privește aparatura de măsură, dotarea cu tehnică modernă de calcul s-a îmbunătățit simțitor prin efortul bugetar al Ministerului Învățământului, prin sprijinul unor sponsori interni și externi, dar mai ales datorită sprijinului financiar oferit de Comunitatea Europeană. Catedra de telecomunicații dispune de mai multe rețele de calculatoare interconectate local, internațional și prin Internet, precum și de stații de lucru performante și de software specializat, care au permis dezvoltarea unor laboratoare pentru studenți, în care granița dintre tehnica comunicațiilor și informatiozare a fost complet estompată. Informatizarea învățământului de telecomunicații a creat posibilitățile unui contact permanent cu universitățile din străinătate care au dezvoltat strânse colaborări în activitățile didactice și de cercetare. S-au creat condiții favorabile de elaborare a unor cursuri și laboratoare în tehnologii de mare actualitate.

În prezent, discuțiile de formare prin pachete de cursuri opționale sunt următoarele:

- prelucarrea numerică a semnalelor;
- comunicații radio și optice;
- sisteme de transmisiuni telefonice și de date;
- sisteme numerice pentru multimedia și sisteme de înaltă fidelitate;
- rețele și software de telecomunicații;
- comunicații mobile și prin sateliți;
- comutație, trafic și servicii;
- radiocomunicații aplicate.

În ultimii ani un număr de cca 150 de tineri obțin anual diploma de ingineri în comunicații la facultatea din București.

Se pune întrebarea dacă această forță de muncă superior calificată în comunicații este absorbită de societate. Răspunsul este pozitiv. O mare parte a tinerilor absolvenți își găsesc locuri de muncă adecvate, datorită dezvoltării rapide a telecomunicațiilor și a informatizării globale a societății. Unde și cum se realizează ei ca specialiști și care este portul lor la dezvoltarea și modernizarea telecomunicațiilor din România? Sunt întrebări asupra cărora vom reveni.

Inginerii în comunicații au ca specializări înrudite, care doresc să-și perfecționeze pregătirea prin studii aprofundate sunt selectați prin concurs și continuă studiile în anul al șasele în domenii diferite, specifice facultăților de electronică și telecomunicații din țară. Direcțiile de aprofundare organizate în facultatea din București sunt următoarele:

- prelucrarea numerică a semnalelor;
- radiocomunicații, microunde și comunicații optice;
- rețele de telecomunicații.

Deși forma de pregătire prin sdtudii aprofundate, este o structură nouă a învățământului superior aceasta a fost agreată de tinerii ingineri în comunicații, ca o posibilitate organizată de specializare, în domenii foarte actuale. Anual, un număr de aproximare 30 de ingineri obțin diplima de specialist în direcțiile menționate.

În sfârșit, continuarea studiilor prin doctorat oferă tinerilor ingineri și speciali;tilor pasionați de cercetarea științifică un cadru organizat pentru obținerea titlului de doctor inginer în specializările:

- telecomunicații;
- radiocomunicații.

În fiecare din ultimii ani cel puțin 10 ingineri au obținut titlul de doctor în aceste specializări (la facultatea din București).

Ce posibilități de afirmare și dezvoltare oferă societatea noastră în tranziție tinerilor cu o specializare științifică aprofundată ? Desigur universitățile și institutele noastre de cercetare reprezintă câteva soluții pentru tinerii pasionați care pot să accepte condiția de salarizare precară corespunzătoare. Micile sau marile instituții de profil existente sau în dezvoltare în societatea noastră sunt mai puțin interesate, în activități de cercetare cu efecte pe termen mediu sau lung. Din păcate, oferta cea mai atrăgătoare se află în străinătate, unde un mare număr de tineri pregătiți în școala noastră au găsit posibilități de valorificare a capacităților lor profesionale. În general ei au avut și un rol deosebit pentru validarea calității învățământului nostru și în dezvoltarea unui "lobby" favorabil rețelei de telecomunicații.

Sunt însă aceste satisfacții o compensație pentru pierderea unor specialiști valoroși?

Toate întrebările formulate ca și altele privind sistemul de formare și utilizare a inginerilor, preocupă astăzi nu numai cercul specialiștilor din domeniul comunicațiilor și nu numai factori care guvernează societatea românească. Răspunsul la

aceste întrebări este complex. Deocamdată nimeni nu a pretins a cunoaşte toate căile pentru o rezolvare optimă. Unele strategii de perfecţionare a sistemului de formare a inginerilor în general şi a celor de comunicaţii în special pot fi însă enunţate.

Dezvoltarea tot mai rapidă a noilor tehnologii, informatizarea, globalizarea sistemelor de producţie şi a schimburilor comerciale crează noi condiţii de activitate şi modifică regula jocului în competiţii. Creativitatea, flexibilitatea, capacitatea de adaptare la nou devin mai importante decât în trecut. În aceste condiţii o formare corectă adecvată noilor condiţii, a specialiştilor în inginerie este esenţială şi după părerea noastră trebuie să ţină seama de următoarele :

**Inginerul de astăzi puternic ancorat în realitatea socială.** El trebuie pregătit în primul rând pentru a-şi utiliza cunoştinţele ştiinţifice şi tehnice în vederea realizării de bunuri materiale sau servicii, destinate - în cazul nostru informatizării societăţii. Recunoaşterea utilităţii sale în societate nu se reduce la obţinerea unei diplome ci se realizează prin activitatea concretă. Formarea în acest spirit a inginerilor în comunicaţii este un obiectiv de bază a şcolii româneşti. Inginerii români sunt cei chemaţi să realizeze modernizarea în ritm rapid a reţelelor şi sistemelor noastre de comunicaţii.

**Inginerul trebuie să realizeze produse şi servicii rentabile din punct de vedere economic şi acceptabile din punct de vedere social.** Cunoştinţele ştiinţifice şi progresele actuale ale tehnologiilor permit astăzi conceperea şi realizarea de servicii oricât de sofisticate. Capacitatea inginerului de a dialoga cu societatea, creată prin educaţie încă din universitate, conduce la realizarea bunurilor şi a serviciilor necesare şi acceptabile de către societate.

**Inginerul trebuie pregătit pentru a-şi exercita profesia şi responsabilitatea în relaţii şi pe funcţii ierarhice diferite.** În laboratoare şi în activităţile de cercetare - dezvoltare responsabilitatea este individuală sau în echipe relativ restrânse fără ca importanţa acestor activităţi să fie redusă. Reţeaua de telecomunicaţii este un exemplu clar de activitate inginerească de alt tip, realizată prin contribuţia unei largi colectivităţi de specialişti. Spiritul de echipă şi responsabilitatea fiecăruia sunt esenţiale pentru buna funcţionare a reţelei. În sfârşit, funcţiile ierarhice superioare din conducerea şi administrarea reţelelor şi sistemului de comunicaţii implică responsabilităţi deosebite în luarea deciziilor de dezvoltare şi de conducere.

**Inginerul trebuie să dezvolte activităţi şi relaţii internaţionale.** Aceasta presupune nu numai capacitatea de a comunica direct prin utilizarea limbilor de circulaţie ci şi capacitatea de a stabili relaţii şi de a coopera cu parteneri din alte ţări. Cunoaşterea lor presupune relaţii de colaborare directe, care se stabilesc în cele mai bune condiţiuni în perioada studenţiei.

Cultura democratică influenţează desigur funcţia de inginer, în special când acesta lucrează în domeniul comunicaţiilor. În acest domeniu, poate mai mult decât în alte domenii tehnice, inginerul nu se simte nici patron, nici angajat, nici capitalist, nici funcţionar. El se doreşte susţinătorul acestei lumi complexe prin sistemele de comunicaţii pe care le crează şi le dezvoltă. Această dorinţă este semnalul pe care tânăra generaţie o transmite universităţii atunci când optează pentru specializarea comunicaţii. Din fericire şcoala noastră primeşte tot mai multe semnale în acest sens.

# Dezvoltartea cercetării în domeniul telecomunicațiilor. Realizări și perspective

***Dr.ing. Ion Stănciulescu** **

**Procesul** de dezvoltare și modernizare a sistemului național de telecomunicații, a implicat întotdeauna o componentă proprie de concepție, de căutare și aplicare a noi soluții tehnice și tehnologice, sau de asimilare și adaptare a unor soluții apărute pe plan mondial. Chiar dacă această componentă nu a căpătat de la început o formă organizatorică distinctă, este îndeobște cunoscută contribuția multor specialiști români la dezvoltarea teoriei și practicii telecomunicațiilor.

Începând cu anul 1955 și fără întrerupere până în prezent, a funcționat o entitate de cercetare specifică și dedicată domeniului de telecomunicații, fie că aceasta s-a numit Laboratoarele Centrale de Telecomunicații, sectorul de Telecomunicații al Institutului de Cercetări în Transporturi și Telecomunicații, Sectorul de Cercetare al Institutului de Cercetări și Proiectări de Telecomunicații, Centrul și mai recent Institutul Național de Studii și Cercetări pentru Comunicații.

În toată această perioadă, Institutul a fost implicat direct în toate etapele importante ale evoluției sistemului național de telecomunicații, în toate componentele sale: radiocomunicații, transmisiuni telefonice și de date, comutație telefonică și telegrafică și comunicații poștale.

Pe măsura și în concordanță cu specificul diferitelor etape de dezvoltare și modernizare a sistemului național de telecomunicații, în laboratoarele Institutului au fost efectuate studii și cercetări, au fost concepute, elaborate, experimentate și introduse în fabricație sau direct în exploatare, echipamente, aparatură, dispozitive și instalații, de cele mai diverse tipuri și destinații, acoperind întreaga gamă de componente ale sistemului de telecomunicații.

Nu de puține ori, în special în perioada de puternice restricții la importuri, activitatea Institutului a pornit chiar de la cercetarea și elaborarea de componente specifice, până la ansamblul final al echipamentelor. Și chiar dacă ar părea o prezentare exagerat de detaliată, o activitate de peste 40 de ani merită măcar o enumerare a câtorva dintre principalele realizări ale cercetării de telecomunicații.

Astfel, în radiocomunicații, pornind de la primul emițător de televiziune realizat în anul 1955, au fost elaborate și fabricate numeroase retranslatoare de televiziune, sisteme radiante, radiorelee, au fost adaptate emițătoarele existente în rețeaua națională pentru televiziunea color, au fost tranzistorizate emițătoare pentru radiodifuziune, au fost elaborate sisteme de control și supraveghere a stațiilor de radiocomunicații, radiorelee digitale, elemente componente ale stației de comunicații prin satelit.

În transmisiuni și comutație telefonică, au fost elaborate și în mare parte și fabricate în serie, repetoare vocale, echipamente de multiplexare și de linie, analogice de mică și mare capacitate, sisteme multiplex și de linie, digitale, sisteme de supraveghere și control pentru sisteme de transmisiuni și centrale telefonice, supresoare de ecou, convertoare de semnalizare, sisteme de gestiune a funcționării, de diagnosticare a deranjamentelor și de supervizare a semnalizărilor.

În transmisiuni de date și comutație telegrafică, au fost elaborate o serie de dispozitive de control, au fost modernizate ansamble vitale ale centralelor telegrafice, au fost elaborate multiplexoare de canale telegrafice, o serie de aparate de măsură, supraveghere și prelucrare pentru transmisiuni de date.

Și în final, dar nu în ultimul rând, în comunicațiile poștale, au fost realizate și introduse în exploatare mai multe instalații complexe de automatizare și informatizare a prelucrării traficului poștal în mari centre de tranzit, precum și o serie de aparate și dispozitive specifice activităților poștale.

* Institutul Național de Studii și Cercetări pentru Comunicații

Limitându-ne doar la această succintă trecere în revistă, trebuie să menţionăm faptul că realizările enumerate au la origine şi o strânsă şi permanentă colaborare cu operatorii naţionali de poştă şi telecomunicaţii, precum şi coordonarea competentă a Administraţiei centrale de poştă şi telecomunicaţii, în diferite forme în care aceste organisme au existat de-a lungul timpului. De asemenea, multe din realizările menţionate au făcut obiectul fabricaţiei, prin colaborarea fructuoasă cu întreprinderile de profil, respectiv Electromagnetica şi Întreprinderea de Construcţii şi Reparaţii Echipamente de Telecomunicaţii.

În toată această perioadă, Institutul a constituit nucleul unei continue activităţi de cercetare ştiinţifică şi dezvoltare tehnologică în cele mai diverse direcţii ale domeniului de telecomunicaţii, de permanente frământări şi căutări, întreprinse cu dăruire şi pasiune de către toţi specialiştii, animaţi să găsească soluţii optime la multitudinea problemelor ivite în dezvoltarea şi modernizarea sistemului naţional de telecomunicaţii.

În acest proces complex şi îndelungat, s-au format generaţii de cercetători, renumiţi specialişti, care au constituit o adevărată pepinieră pentru întregul sector de telecomunicaţii, fie că este vorba de operatori, administratori sau fabricanţi, iar raporturile de colaborare permanentă şi colegială cu instituţiile de învăţământ superior de specialitate, în mod deosebit cu Facultatea de Electronică şi Telecomunicaţii a U.P.B., au constituit unul din elementele deosebit de benefice pentru dezvoltarea continuă a potenţialului de specialişti.

În acelaşi timp, în cadrul a numeroase tematici şi probleme, Institutul a desfăşurat colaborări cu institute similare ale altor administraţii de telecomunicaţii, folosind şi în acelaşi timp oferind, experienţă în activitatea de cercetare.

În contextul schimbărilor survenite în economie şi societate începând cu anul 1990, elaborarea şi aprobarea unui Program concret de dezvoltare a telecomunicaţiilor, asigurat cu resurse financiare şi cu acces la tehnologiile moderne, a constituit un moment de răscruce şi pentru orientarea activităţii de cercetare în acest domeniu.

Astfel, necesitatea modernizării rapide a sistemului naţional de telecomunicaţii, în condiţiile deschiderii către tehnologiile evoluate, disponibile pe plan modnial, a impus reconsiderarea preocupărilor şi în activitatea de cercetare, chemată să ofere expertiza tehnică necesară asimilării acestor noi tehnologii, în condiţiile specifice ale reţelei existente. Aceasta a condus la orientarea echilibrată, atât către elaborarea de studii şi planuri tehnice fundamentale, de specificaţii tehnice pentru echipamente, instalaţii şi servicii de telecomunicaţii, de proceduri şi metodologii de test şi măsurători, de studii pentru gestionarea spectrului de frecvenţe şi introducerea de noi servicii, precum şi către realizarea de dispozitive, sisteme şi echipamente destinate modernizării reţelei existente, prin folosirea noilor tehnologii informatice şi de componente, accesibile în noul context.

Ritmul rapid de digitalizare a sistemului naţional de telecomunicaţii, dezvoltarea acestuia în condiţiile conlucrării sistemelor digitale cu cele existente analogice, au impus rezolvarea a numeroase probleme specifice, la care Institutul şi-a adus contribuţia.

În această nouă orientare, vasta experienţă acumulată prin elaborarea de echipamente şi instalaţii aparţinând tuturor componentelor sistemului de telecomunicaţii, a constutuit şi constituie şi în prezent, o foarte bună bază pentru abordarea realistă şi eficientă a tematicilor de cercetare.

O trecere în revistă a principalelor tematici abordate şi finalizate în ultimii ani, arată cuprinderea unei arii vaste de probleme, cu referire la toate componentele sistemului de telecomunicaţii.

Astfel, în radiocomunicaţii şi radiodifuziune, au fost efectuate studii, experimentări şi realizate în unele cazuri şi modele experimentale în funcţiune, privind staţiile de radiodifuziune în unde medii şi ultrascurte, sistemele digitale de radiotelefonie mobilă, comunicaţiile spaţiale, emiţătoarele stereofonice în banda 87,5 - 108 MHz, emiţătoarele de televiziune în banda I - V, sistemele de radio - paging, adaptarea reţelei de semnal TV la transmisii TELETEXT, protecţia radiocomunicaţiilor şi înlocuirea translatoarelor Tv din canalele 4 şi 5. De asemenea, au fost elaborate specificaţii tehnice şi metodologii şi proceduri de testare şi măsurători, pentru radiotelefoane portabile, translatoare de televiziune, radiorelee digitale, sisteme de radiodifuziune sonoră MF, emiţătoare de televiziune, sisteme de antene, sisteme de radiomesagerie, reţele de distribuţie a programelor audiovizuale prin cablu.

În transmisiuni şi comutaţie, telefonice şi de date, au fost realizate: studii şi experimentări privind coordonarea tehnică a exploatării centralelor

telefonice, protecția anticorozivă a cablurilor, elaborarea planurilor naționale de transmisiuni, semnalizare și sincronizare, introducerea sistemelor pe suport optic, crearea sistemului de management al rețelei internaționale de telecomunicații, utilizarea echipamentelor S.D.H., analiza modului de realizare a semnalizării R2 în rețeaua națională, modernizarea echipamentelor de electroalimentare, arhitectura centrelor distante de operare și întreținere a centralelor telefonice digitale, crearea sistemului național de management al rețelei de telecomunicații, asimilarea standardelor ETSI, introducerea sistemului de semnalizare CCITT nr. 7, utilizarea de noi tehnologii în rețeaua de abonat. De asemenea, au fost elaborate specificații și prescripții tehnice, metodologii și proceduri de test și măsurători pentru echipamentele de multiplexare digitală, centrala telefonică digitală, echipamentele de linie digitală pe fibră optică, aparatul telefonic de abonat, aparatura terminală conectabilă la rețeaua publică, aparatul telefonic public, protecția liniilor de telecomunicații, echipamentele digitale de racordare a abonaților distanți la centralele telefonice digitale, echipamentele terminale telegrafice, unitățile distante ale centralelor digitale, sistemele digitale de abonat, sistemul P.B.X., modemurile de transmisiuni de date, interfețele optice pentru echipamente S.D.H.

În comunicațiile poștale au fost realizate: complexe pentru mecanizarea, automatizarea și informatizarea operațiunilor de prelucrare a colectelor, instalate în diferite centre de tranzit, sisteme de transport interior și gestiune a coletelor, instalații semiautomate pentru cartat scrisori, studii și rețele pilot pentru informatizarea unor activități de poștă. De asemenea, au fost efectuate cercetări și elaborate studii privind sistemul de codificare prin bare și realizarea unei rețele pilot de oficii poștale cu activitate informatizată.

Din această enumerare, mai mult generică, a preocupărilor cercetării de telecomunicații după anul 1990, se poate observa orientarea către satisfacerea cerințelor reale, practice, ale modernizării și dezvoltării sistemului național de telecomunicații, proces desfășurat în ritm susținut și bazat pe tehnologii moderne, asimilate fie prin importul și instalarea de echipamente și sisteme, fie prin crearea de capacități de producție în țară, bazate pe tehnologii de fabricație de ultimă generație.

Trebuie menționat faptul că, un segment deosebit de important, pe lângă cel al sistemului public, național de telecomunicații, este acela al sistemelor private de telecomunicații, de abonat sau utilizator, prin a căror liberalizare totală cu aproape 5 ani în urmă, s-a crea și dezvoltat o piață foarte activă, însoțită pe de o parte de activitatea de specificare și expertiză tehnică necesară avizării de către Ministerul Comunicațiilor, iar pe de altă parte de cercetarea și fabricarea în țară a unor echipemente cu această destinație.

Cercetarea aferentă acestei fabricații constitue o componentă a cercetării în domeniul telecomunicațiilor, și care se desfășoară fie în institute de cercetare orientate pe produs, fie în cadrul compartimentelor de cercetare ale unităților producătoare.

Indiferent de locul sau cadrul în care se desfășoară, această activitate se caracterizează prin adoptarea de soluții moderne, precum și folosirea de componente și tehnologii electronice de ultimă oră, cu calitate, funcționalitate și fiabilitate, ridicate. Astfel, echipamentele și instalațiile oferite pieței prezintă caracteristici competitive față de cerințele impuse prin specificațiile naționale, precum și comparativ cu produse echivalente din import.

În egală măsură, trebuie menționată și activitatea de cercetare desfășurată în cadrul instituțiilor de învățământ superior de specialitate, activitate menită să asigure tinerilor absolvenți noțiunile fundamentale ale procesului de cercetare aplicativă și să dezvolte acele pasiuni care pot face ca unii din aceștia să se dedice acestei nobile dar dificile profesii.

Dacă vom încerca să extrapolăm evoluția de până acum a cercetării în domeniul telecomunicațiilor, în contextul actual al evoluției rapide către societatea informațională, bazată pe cunoștințe și comunicare, vom constata că perspectivele viitoare ale acestei activități sunt cu totul deosebite. Este însă necesar ca orientarea tematicilor și programelor de cercetare în domeniul telecomunicațiilor, să fie strâns corelată cu evoluția remarcabilă și deosebit de rapidă pe plan mondial a tehnologiilor comunicațiilor și informaticii, precum și cu strategia de modernizare și dezvoltare a sistemului național de telecomunicații, astfel ca rezultatele obținute să-și dovedească utilitatea practică, prin rezolvarea multiplelor probleme care apar în cursul acestui proces.

Digitalizarea rapidă a sistemului național de telecomunicații, interconectarea și integrarea acestuia în sistemul global european și mondial de telecomunicații, determină necesitatea orientării cu precădere către problemele de intercorelare și interconectare a rețelelor și sistemelor, precum și cele de interoperabilitate a serviciilor oferite.

Tehnicile și tehnologiile din ce în ce mai subtile și performante, folosind tot mai accentuat tehnologiile informatice specifice, aplicate în mod curent în sistemele moderne de comunicații, ridică mereu noi tipuri de probleme, complexe și interdisciplinare, mai mult cu caracter sistemic și de soft. Cercetătorul din domeniul telecomunicațiilor (comunicațiilor) devine din ce în ce mai mult un specialist integrator de tehnici și procedee, care concepe mai degrabă funcții decât montaje, care modelează și realizează sisteme și rețele, preocupându-se în același timp de interconectarea și interoperarea cu celelalte sisteme și rețele adiacente.

Aceste orientări, nu numai că nu elimină necesitatea cunoștințelor de bază în domeniul sistemelor și rețelelor de telecomunicații, dar reclamă o stăpânire deplină a acestora, precum și o înțelegere profundă a fenomenelor care au loc la nivelul practic al rețelei de telecomunicații.

Personal, consider nu numai că cercetarea de telecomunicații are perspective deosebit de promițătoare, dar am chiar senzația că evoluția globală, rapidă către rețelele și sistemele integrate ca medii, tehnici și servicii, constitue o sfidare căreia pentru a-i face față, specialiștii din domeniu vor trebui să depună eforturi importante de asimilare și de continuă perfecționare profesională.

În același timp, globalizarea sistemelor și serviciilor de telecomunicații, va impune în mod evident o strânsă cooperare între toți actorii procesului de dezvoltare și modernizare a telecomunicațiilor. În acest sens, activitatea de cercetare își va multiplica utilitatea și deci șansele de reușită, în măsura în care va ști să se apropie de problemele reale ale tuturor operatorilor de telecomunicații, în primul rând a celor naționali, în eforturile acestora de oferire a unor servicii moderne și accesibile, prin asimilarea de tehnologii cât mai performante și evoluate.

În egală măsură, activitatea de cercetare va trebui să contribuie la elaborarea și aplicarea strategiei de dezvoltare a sistemului național de telecomunicații și de reglementare a pieței acestor servicii, de către Ministerul Comunicațiilor, prin realizarea acelor lucrări care să ofere fundamentarea tehnică a unor opțiuni strategice, necesare unei evoluții coerente și eficiente a întregului sistem.

Încercând o încheiere cât de cât de integratoare a acestei prezentări, cred că se cuvine să recunoaștem în toate realizările menționate, contribuția a zeci și zeci de specialiști în telecomunicații, colegi, dascăli sau discipoli, care prin pasiune și dăruire au înnobilat cu o parte a sufletului lor, ceea ce reprezintă în acest moment domeniul telecomunicațiilor în România și au creat în acest fel, condițiile pentru promițătoarele perspective de viitor.

# Realizările și perspectivele Poștei Române

***Dir. ing. G. Mateescu** **

În condițiile tranziției spre economia de piață, libera informație a circulației este determinată pentru promovarea și implementarea reformelor economice și sociale pe întreg teritoriul țării, pentru intergarea României în sistemul social-economic european și mondial.

Urmând constant linia strategică stabilită încă din anul 1991 prin "Conceptul Național al R.A. Poșta Română" și dezvoltată prin documentul "Strategia de Dezvoltare a R.A. Poșta Română în perioada 1996 - 2005" ca parte integrantă a "Programului de bază de macrostabilizare și de dezvoltare a României până în anul 2000" aprobată prin Hotărârea Parlamentului României nr. 12/12.12.1996, prevederile acestora prefigurând corecta evoluție a acestui sector, Poșta Română s-a preocupat de toate aspectele legate de dezvoltarea propriu-zisă a infrastructurii poștale, cât și de realizarea unui cadru legislativ corespunzător cerințelor actuale moderne.

În acest context au fost realizate următoarele obiective strategice de dezvoltare și modernizare a serviciilor poștale:

- atingerea timpului de controkl Z+1 (zi+1) pentru cea mai mare parte a traficului în interiorul țării. Prin restructurarea organizatorică ce a constat în regionalizarea poștală acest obiectiv a fost realizat la nivel național în anul 1996 în proporție de 52.51%;
- realizarea unui sistem de transport poștal propriu sigur și regulat. În cursul anului 1996 au fost achiziționate 104 autofurgonete IVECO (în sistem leasing) destinate transportului poștal și un număr de 186 autoturisme DACIA pentru schimbarea parcului auto;
- pentru flexibilizarea rețelei poștale, în anul 1996 s-a elaborat studiul privind realizarea de oficii poștale containerizate, primele două exemplare fiind instalate în rețeaua poștală în trimestrul II 1997;
- realizarea unor noi obiective de investiții : cumpărarea de clădiri în județele : Prahova, Iași, Craiova, Giurgiu, Bacău, Suceava; finalizarea a trei obiective poștale noi la Zalău, Ianca și Hunedoara.

În realizarea acestor obiective strategice s-a ținut seama de satisfacerea, într-o măsură cât mai mare, a necesităților populației, având în vedere caracterul social al serviciilor poștale de bază, dar și de extinderea pieței serviciilor poștale și apariția concurenței în condițiile economiei de piață, elemente legalizate prin Legea serviciilor poștale adoptată în anul 1996.

Prin măsurile adoptate în cursul anului trecut, Poșta Română a demonstrat o mare capacitate de adaptare la schimbările rapide ale condițiilor de piață internă și externă, prin introducerea elementelor teoretice și practice de modernizare a diverselor sale domenii - o deschidere activă la nou, realizările obținute fiind girul corectitudinii strategiei adoptate și urmărite constant de conducerea regiei. A fost demarat împreună cu firma ACTIVE INTERNAȚIONAL un contract de asigurare cu servicii de brokeraj, iar cu alte firme se participă în concernul MOBIFON la realizarea rețelei de telefonie mobilă. Au fost încheiate 5 noi convenții, printre care cea privind distribuirea certificateolor de acționar.

În planul relațiilor internaționale, în luna decembrie 1996 a fost organizată la București, Plenara Anuală a Asociației Operatorilor Poștali Publici Europeni, PostEurop.

Pentru perioada imediat următoare, perspectivele de dezvoltare ale Poștei Române vizează:

- realizarea condițiilor de privatizare a acesteia;
- crearea structurilor și introducerea celor mai moderne procedee manageriale, în concordanță cu necesitățile concrete ale sectoarelor poștale, în paralel cu definirea unei noi strategii de personal și salarizare;
- implementarea conceptului de "calitate totală" în toate domeniile sectorului poștal;
- realizarea "Centrului de transfer de tehnologie și Training";
- crearea condițiilor de introducere a unor servicii poștale noi (POSTDATA, POSTCARD, E-MAIL, GIROPOST și Copy Center) și a serviciilor cu valoare adăugată;
- finalizarea și implementarea în domeniul poștal a unui număr de 12 proiecte Phare;
- aplicarea unei noi politici poștale internaționale, încheierea de noi acorduri cu administrații poștale străine;
- realizarea noului cod poștal.

Prin realizarea acestor deziderate Poșta Română va putea realiza integrarea serviciilor poștale naționale în serviciile intercomunitare în concordanță cu principiile "Cărții Verzi", ca parte componentă a integrării României în structurile Uniunii Europene.

* Regia Autonomă a Poștei Române

# GSM, sistem de telefonie celulară pan - European

*Conf.dr.ing. Nicolae D. Coţanis* *

*Cuvinte cheie: reţea de telefonie celulară, GSM, reţea celulară, servicii de telefonie celulară, numerotarea abonaţilor, autorizarea şi secretizarea comunicaţiilor.*

*Reţelele celulare şi personale de telecomunicaţii înregistrează o dezvoltare spectaculoasă. Se aşteaptă ca în primele decenii ale secolului 21 numărul de abonaţi ai reţelelor de telecomunicaţii mobile şi terestre să fie sensibil egal.*

*În momentul de faţă, cel mai complex sistem de radiocomunicaţie din lume este sistemul de telefonie celulară pan-European, cunoscut sub denumirea GSM. Începând din anul 1997, România face un nou pas în procesul de integrare Europeană prin dezvoltarea la nivel naţional a două reţele GSM.*

*Cu scopul de a obţine o imagine de sinteză asupra standardului, î;n articol sunt prezentate principalele caracteristici tehnice şi servicii specifice. Fără intenţia unui demers tehnico-politic în domeniul comunicaţiilor celulare, trebuie subliniat faptul că numai prin implicarea gradată a guvernului în dezvoltarea de noi tehnologii se poate păstra competitivitatea industriei naţionale într-un domeniu atât de dinamic ca cel al comunicaţiilor mobile.*

## 1. Introducere

**P**rimul serviciu de radiocomunicaţii mobile asigura legături telegrafice cu navele care se deplasau în canalul Mânecii (1) fiind oferit în anul 1897 de societatea Wireless Telegraph Company Ltd, înfiinţată de Gugliemo Marconi. De atunci, noi şi noi servicii de radiocomunicaţii mobile s-au dat în exploatare în lumea întreagă, reacţia pozitivă a pieţei manifestându-se de fiecare dată prin numărul mare de solicitări. Dezvoltarea spectaculoasă a industriei radiocomunicaţiilor din ultimii 10 ani s-a datorat, în mod particular, perfecţionărilor în fabricarea circuitelor de RF şi numerice, introducerii circuitelor integrate pe scară largă cât şi a altor elemente de miniaturizare care au permis construcţia de echipamente de dimensiuni mici, ieftine şi fiabile. Această tendinţă se va accentua în următoarea decadă.

Ideea unui serviciu celular având un număr nelimitat de utilizatori era de neimaginat până în anii '70, când laboratoarele Bell au dezvoltat conceptul celular. Odată cu introducerea circuitelor de RF miniaturale şi de mare fiabilitate s-a deschis era radiocomunicaţiilor mobile. Dezvoltarea explozivă din domeniul comunicaţiilor celulare şi personale se datorează acestor tehnologii, ajunse azi la maturitate. Evoluţia viitoare a sistemelor de comunicaţii mobile şi portabile va fi strâns legată de alocarea spectrului radio şi de reglementări. Acestea pot influenţa dezvoltarea de servicii noi sau extinse, în funcţie de cerinţele consumatorilor sau progresele tehnologice în domeniul prelucrării semnalelor, accesului în reţelele de telecomunicaţii.

Numărul utilizatorilor de servicii telefonice celulare a crescut de la 25000 în 1984 la aproape 16 milioane în 1994, an după care s-a înregistrat o rată de creştere anuală mai mare de 50%. În primele decenii ale secolului 21 se estimează un număr egal de abonaţi în reţelele de telefonie terestre şi mobile.

Sistemul de telefonie celulară pan-European, cunoscut sub denumirea GSM (Sistem Global de telecomunicaţii Mobile), reprezintă, în momentul de faţă, cea mai complexă reţea de radiocomunicaţii din lume, luând în consideraţie chiar şi realizările din domeniul militar (2-4). El a început să fie utilizat din anul 1991. Începând din 1997, în ţară se vor dezvolta două reţele GSM. Având în vedere viteza rapidă de implementare, jumătatea anului 1997 marcând prima fază de operare, o imagine de sinteză asupra principalelor caracteristici tehnice şi

* Universitatea Politehnică din Bucureşti

servicii specifice stanradrului GSM se consideră utilă.

## 2. Generalităţi

GSM beneficiază de o capacitate de 5 - 10 ori mai mare faţă de capacitatea reţelelor celulare analogice, această sporire fiind datorată mai multor mecanisme:

**1)** Utilizarea unei metode de modulaţie numerică indiferent de informaţia transmisă : semnalizare, date, telefonie sau FAX. Comunicaţia numerică, fiind mult mai rezistentă la interferenţă, permite micşorarea distanţei relative de reutilizare a frecvenţei, acceptând reţele generatoare cu 3 sau 4 celule.

**2)** Introducerea controlului puterii la emisie, a saltului de frecvenţă lent (FH) şi a emisiei discontinue (DTX) pentru controlul interferenţei în reţea.

**3)** Folosirea metodei de acces TDMA implementată pe mai multe purtătoare radio, reducând astfel timpul de transfer între celule prin implicarea terminalului mobil (MAHO) şi făcând posibilă utilizarea microcelulelor (celule cu raza sub 2 km) pentru sporirea substanţială a capacităţii.

Reţeaua GSM este concepută ca o reţea inteligentă (IN). În comparaţie cu reţelele analogice, reţelele de radiocomunicaţii mobile numerice, din care face parte şi GSM ca standard European, dispunând de o mare varietate de mesaje de semnalizare, simplifică şi îmbunătăţesc funcţiile legate de mobilitate prin intermediul funcţiilor de localizare şi înregistrare automată.

Sistemul Global de telecomunicaţii Mobile (GSM) are la bază standardele definite de CEPT pentru servicii, interfeţe între funcţii/subsisteme şi arhitectura protocolului. Spre deosebire de alte reţele celulare, pentru GSM sunt făcute cunoscute toate interfeţele şi nu numai interfaţa radio sau interfaţa cu alte tipuri de reţele.

Standardul GSM este descris în 161 de recomandări, organizate în 12 secţiuni, care se întind pe mai bine de 6000 de pagini. Respectarea acestora garantează funcţionarea oricărui tip de echipament mobil în orice reţea GSM şi interconectarea corectă a echipamentelor şi programelor livrate de diferiţi fabricanţi.

### 2.2. Fonie şi date

Standardul GSM nu se limitează numai la servicii telefonice, de calitatea celor terestre, pentru echipamente portabile şi mobile.

- GSM înglobează caracteristici ISDN cum ar fi: o numerotare completă ISDN şi transmisiuni de date cu viteze până la 9,6 Kbit/s.
- Admite comunicaţii faximile (Grupul 3 FAX analog) cu toate că reluarea transmisiei, datorită cerinţelor de sincronizare şi probabilităţii de eroare pe canalul radio, conduce la limitări tehnice serioase.
- GSM permite transmisia de mesaje asigurând două servicii :

- SMSPP (serviciul pentru mesaje scurte punct la punct)
- SMSCB (serviciul pentru mesaje scurte difuzate în toată celula)

### 2.3. Securitate

GSM extinde funcţia de mobilitate la nivelul abonatului prin utilizarea modului personal de identitate (SIM). Orice abonat primeşte un SIM unic care poate fi conectat la orice terminal. Serviciile sunt înregistrate în funcţie de SIM şi nu de terminalul utilizat. La fiecare apel, folosind proceduri de control a autenticităţii, reţeaua verifică dacă utilizatorul este un abonat GSM autorizat sau nu. Un SIM poate fi folosit numai dacă se cunoaşte numărul PIN asociat. Suplimentar, pentru a exclude posibilitatea interceptării radio, comunicaţiilor prin interfaţa radio, sunt secretizate (criptate).

### 2.4. Istoric

Deoarece modul în care a fost conceput standardul GSM este unic, prin implicarea unui număr mare de state Europene, prezintă interes cunoaşterea istoriei care a condus la apariţia sa (Tabel I).

| | |
|---|---|
| 1979 | WARC alocă un domeniu de frecvenţe pentru serviciul de telefonie celulară. În Europa vor apare NMT, Cellnet, etc. |
| 1982 | Este creat grupul special pentru comunicaţii mobile (GSM) în cadrul CEPT |
| 1986 | Comitetul GSM îşi stabileşte un nucleu permanent la Paris |
| 1987 | Pe baza experimentelor şi a evaluării variantelor de prototip sunt alese principalele metode de transmisie. Este semnat un memorandum între operatori (MoU) |

| | |
|---|---|
| 1988 | Sunt acceptate oferte pentru sisteme de validare |
| 1989 | GSM devine un comitet tehnic în cadrul ETSI. Se fac oferte pentru sisteme operaţionale |
| 1990 | Se încheie faza-1 a procesului de standardizare pentru GSM-900. Se începe procesul de definire al recomandărilor pentru DCS-1800 |
| 1991 | Primul sistem GSM în funcţiune (la expoziţia TELECOM'91) |
| 1992 | Toţi operatorii Europeni de sisteme GSM-900 trac la faza comercială de exploatare. Comitetul care coordonează proiectul European capătă denumirea SGM |
| 1993 | Reţeaua GSM acoperă capitalele şi marile oraşe Europene |
| 1995 | Sunt deservite coridoarele care leagă marile oraşe |

**Tabel I Istoric**

## 3. Servicii

Serviciile de telecomunicaţii oferite de GSM se clasifică în două categorii principale: servicii suport şi teleservicii (figura 1). Serviciile suport sunt responsabile de transmisia semnalelor între punctele de acces ale reţelei, numite interfeţe utilizator-reţea în standardul GSM. Teleserviciile asigură comunicaţiile între utuilizatori, în conformitate cu protocoalele stabilite de operatorii de reţea. Funcţiile echipamentului terminal (TE) sunt incluse în teleservicii.

Reţeaua terminală este fie reţeaua GSM de origine fie orice altă reţea. Echipamentul terminal poate fi compus din una sau mai multe entităţi, cum ar fi: aparat telefonic, echipament pentru transmisia de date (DTE), echipament teletext, etc. Pe lângă serviciile suport şi teleservicii, GSM oferă o serie de servicii speciale. Aceastea modifică şi/sau suplimentează serviciile de bază de telecomunicaţii, motiv pentru care nu pot fi oferite ca servicii de sine stătătoare.

Standardul GSM s-a dezvoltat şi se dezvoltă în etape, fiecare etapă reprezentând o fază. Ca rezultat imediat al acestui mod de abordare, s-a impus o compartibilitate completă între faze, astfel încât un terminal realizat conform specificaţiilor fazei 1 să poată opera într-o reţea implementată pentru faza superioară şi reciproc.

### 3.1. Faza 1

Încheiată forţat în ianuarie 1990, faza 1 a standardului GSM conţine un set redus de servicii faţă de ceea ce s-a dorit iniţial. Limitarea a fost impusă pentru a permite încadrarea în termenele planificate pentru apariţia pe piaţă. Obiectivul complet s-a regăsit în faza 2.

Serviciile oferite în faza 1 au fost:

- **Servicii suport**

- transmisiuni de date asincrone/sincrone cu viteze între 300 şi 9600 bit/s (inclusiv 1200, 75 bit/s asincron)
- PAD-uri asincrone 300 - 9600 bit/s.
- Fonie şi date (alternativ) cu opţiunea fornie urmată de date.

- **Teleservicii**

- Telefonie.
- Apeluri de urgenţă (fonie).
- Serviciul de mesaje scurte (SMSPP) sursă - destinatar.
- Serviciul de difuzare de mesaje scurte (SMSCB) sursă - destinatari multipli).
- Grupul 3 Telefax.

- **Servicii suplimentare**

- Transferul apelului : necondiţionat, când abonatul mobil este ocupat, nu răspunde sau nu este găsit în reţea.
- Interdicţia apelurilor de la abonat spre reţea sau a apelurilor internaţionale (eventual cu excepţia ţării de origine).
- Interdicţia tuturor apelurilor spre abonatul mobil, sau numai atunci când abonatul mobil nu este în ţara de origine.

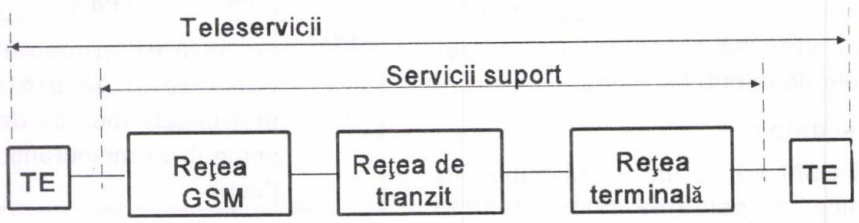


Figura 1 - Servicii suport şi teleservicii

### 3.2. Faza 2

Faza 2 cuprinde un set mai larg de servicii şi de funcţii, actualizate faţă de proiectul iniţial, în conformitate cu experienţa rezultată din exploatarea fazei 1, cu noile cerinţe ale pieţei şi progresele tehnologice. Câteva dintre modificările care apar în faza 2 sunt:

- armonizarea specificaţiilor între GSM 900 şi GSM 1800;
- introducerea canalelor vocale de viteză redusă care dublează capacitatea de trafic;
- îmbunătăţirea serviciilor SMS;
- introducerea modului de identitate al abonatului (SIM).

### 2.4. Faza 2+

Faza 2 s-a încheiat în 1994. Ea reprezintă un pas important spre definirea sIstemului Universal De Telecomunicaţii Mobile (UMTS). Din dorinţa de a anticipa evoluţiile viitoare s-a hotărât ca procesul de standardizare să continue, conducând la faza 2+. Câteva din direcţiile investigate în faza 2+ sunt:

- Interfeţe radio multimodale, fiind deja realizate interfeţe comune cu sistemele DECT şi INMARSAT,
- Servicii de poziţionare a abonatului mobil pentru asistenţă rapidă în cazul apelurilor de alarmă,
- Packet Radio, pentru a introduce aplicaţii noi cum ar fi: reţele informatice pentru transportul rutier, sisteme de dispecerizare a parcului circulant de vehicule, etc
- Alocarea la cerere a unei capacităţi de comunicaţie de date sporită,
- Introducerea de caracteristici specifice reţelelor inteligente,
- Integrarea în sistemul universal de comunicaţii personale (UPC).

## 4. Caracteristici tehnice

Conceptul care stă la baza standardului GSM, ca şi în cazul altor reţele celulare, este de a suprapune o reţea în stea peste infrastructura de linii de comunicaţie ale reţelei telefonice terestre. Reţeaua telefonică terestră asigură, pe lâng conexiunea între abonaţii ficşi şi mobili, conectivitatea între abonaţii mobili, aflaţi în celule diferite, sau în sub-reţele ale unor operatori diferiţi.

### 4.1. Infrastructura reţelei

Principalele suibsisteme ale reţelei GSM sunt :

**i)** subsistemul de exploatare şi întreţinere (OMS),

**ii)** subsistemul de comutare, cunoscut şi sub denumirea de subsistemul reţea (SMSS sau NSS),

**iii)** subsistemul radio (RSS).

Fiecare subsistem este format din mai multe elemente conectate între ele prin diverse interfeţe (figura 2).

Subsistemul de exploatare şi întreţinere este format din unul sau mai multe centre de exploatare şi întreţinere (OMC), conectate la un centru de administrare al reţelei (NMC).

#### 4.1.1. Entităţi tipice

Reţeaua GSM are multe elemente tipice reţelelor celulare. Fiecare celulă este deservită de o staţie de bază (BTS) formată dintr-un set de echipamente de emisie/recepţie, câte unul pentru fiecare canal radio duplex. Mai multe BTS sunt comandate de o unitate de control BSC. Un BSC împreună cu BTS pe care le coordonează formează un sistem de staţii de bază BSS. Mai multe BSS sunt conectate prin intermediul unei centrale pentru abonaţi mobili (MSC), folosind trunchiuri E1, terestre sau herţiene. BSS administrează resursele radio şi realizează comutarea între canalele radio şi canalele temporale pentru conexiunile terminal mobil-MSC. MSC este similar cu o centrală ISDN şi reprezintă punctul de conectare al reţelei celulare cu reţeaua telefonică publică (PSTN) sau reţeaua ISDN. MSC răspunde de prelucrările cerute de un apel, controlează funcţiile de semnalizare implicite şi coordonează procesele de transfer ale terminalului mobil (MT).

#### 4.1.2. Entităţi specifice

GSM conţine o serie de baze de date cu ajutorul cărora sunt realizate funcţiile legate de tratarea mobilităţii şi a apelurilor. Se disting patru tipuri de baze de date: baza de date primară a abonaţilor mobili (HLR), baza de date temporară a abonaţilor mobili activi (VLR), centrul de autorizare (AUC) şi baza de date pentru identificarea echipamentelor mobile (EIR). Cu toate că VLR este definită ca o entitate de sine stătătoare, cei mai mulţi fabricanţi o înglobează în MSC. Bazele de date, în terminologia proprie reţelelor inteligente, reprezintă puncte de control a serviciilor (SCP). MSC este echipat cu un modul de comutare a serviciilor (SSP), cu ajutorul căruia interoghează bazele de date pentru a obţine informaţii cum ar fi : aria de localizare (LAI) în care se află un abonat, profilul său de servicii, indicaţii de rutare şi procesare a apelurilor, etc.

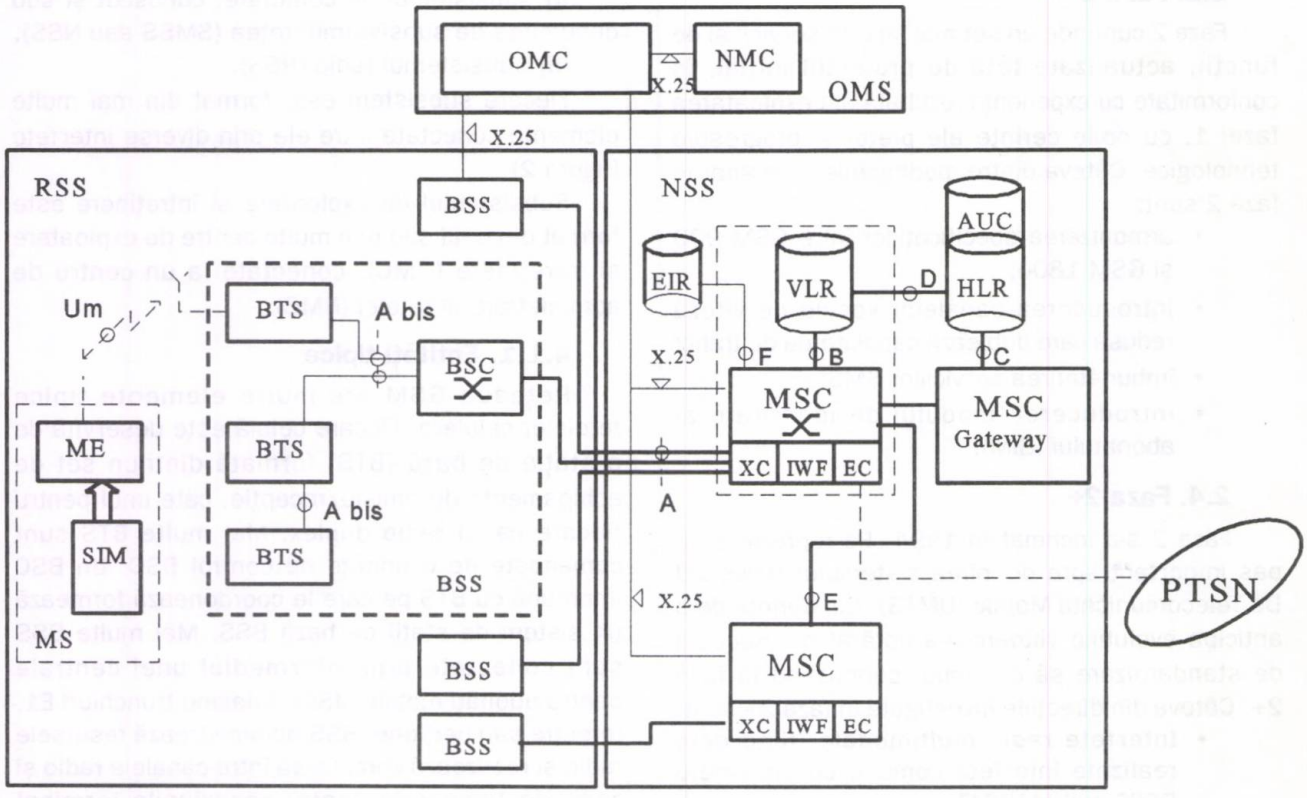


Figura 2 - Arhitectura reţelei GSM.

Standardul GSM defineşte funcţii logice şi interfeţe distincte pentru fiecare bază de date, pentru ca fiecare să poată fi realizată ca o entitate fizică independentă. Interfeţele sunt specificate prin intermediul părţii de aplicaţii mobile (MAP), care foloseşte aplicaţiile legate de transfer (TCAP) ale sistemului de semnalizare 7 (SS7). La rândul lor, aceste elemente sunt proprii reţelelor inteligente. Astfel, standardul GSM poate fi considerat o aplicaţie IN, fiecare implementare aducând o nouă experienţă în acest domeniu.

## 4.2. Semnalizarea şi interfaţa cu reţeaua terestră

Dacă reţelele telefonice celulare analogice au fost concepute, în primul rând, pentru a extinde serviciul telefonic la abonaţi mobili, fiind înzestrate în acest scop cu diverse funcţii de semnalizare pentru stabilirea, menţinerea şi încheierea comunicaţiei (comutare de circuit), standardul GSM oferă un ansamblu complet de funcţii de semnalizare pentru servicii noi. Folosind funcţii de autentificare şi secretizare, interfaţa radio beneficiază de un nivel de protecţie echivalent cu cel al reţelelor de telecomunicaţie terestre. Pentru satisfacerea acestor cerinţe s-a adoptat un protocol structurat pe nivele independente, o astfel de soluţie permiţând specificarea modulară a funcţiilor de semnalizare.

### 4.2.1. Arhitectura protocolului

În figura 3 este prezentată arhitectura protocolului care realizează comunicaţia de semnalizare între MT şi partea terestră a reţelei GSM. Sunt identificate trei niveluri de semnalizare care includ funcţiile de control necesare serviciilor oferite de reţeaua mobilă. Fiecare nivel îşi oferă serviciul propriu de comunicaţie nivelului superior în puncte de acces la serviciu.

Nivelul 1 de semnalizare este nivelul cel mai coborât al interfeţei radio. El înglobează funcţiile necesare pentru transmiterea fluxurilor binare prin canalele fizice, cum ar fi : procedurile de acces multiplu TDMA/FDMA şi codarea canalului pentru protecţie de erori. Nivelul 1 oferă un ansamblu de canale logice nivelurilor superioare; fiecare canal logic având un punct propriu de acces la serviciu.

Scopul principal al nivelului 2 de semnalizare este de a realiza conexiuni de semnalizare între MT şi BSS. Fiecare canal logic de control este gestionat în mod independent. Unitatea de bază la acest nivel al protocolului este cadrul, acesta fiind constituit

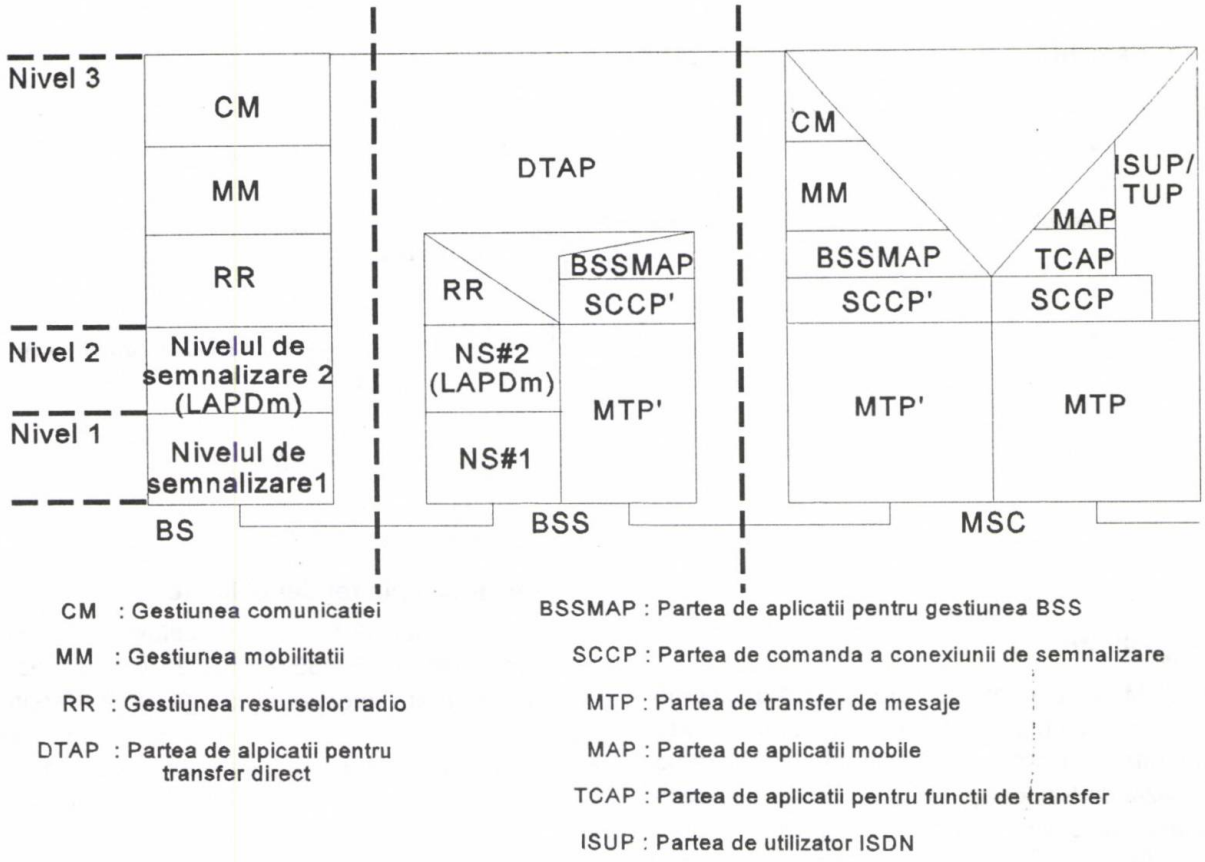


Figura 3 - Arhitectura comunicaţiei între MT şi partea terestră a reţelei GSM.

dintr-un număr finit de canale temporale (patru în cazul semnalizării). Protocolul utilizat la acest nivel este LAPDm[1] obţinut prin modificarea protocolului LAPD utilizat în ISDN pentru DSS1.

Responsabilităţile principale ale LAPDm sunt:

- stabilizarea şi utilizarea conexiunilor de nivel 2;
- realizarea unei comunicaţii orientate spre conexiune, în care să păstreze ordinea (pachetele transmise sosesc la recepţie în aceeaşi ordine);
- detecţia şi corecţia erorilor.

Nivelul 3 de semnalizare este nivelul aplicativ al interfeţei radio. Acesta este divizat în mai multe subniveluri care asigură funcţiile:

- controlul comunicaţiei (CC);
- suport pentru servicii suplimentare (SS);
- suport pentru servicii de mesaje scurte (SMS);
- gestiunea mobilităţii (MM);
- gestiunea resurselor radio (RR).

Funcţiile CC, SS, SMS sunt grupate în funcţia de gestiune a conexiunii (CM). Mesajele de semnalizare specifice sunt transferate fără prelucrare de la MT la MSC, via DTAP. Pe lângă alte funcţii, MM şi RR oferă funcţiile celulare necesare pentru a permite un acces independent pe poziţie (gestiunea proceselor de transfer şi localizare).

### 4.3. Canalele fizice ale interfeţei radio

Spectril complet alocat serviciului GSM acoperă domeniile 890 - 915 MHz pentru sensul MT-BTS şi 935 - 960 MHz pentru sensul BTS - MT. Ecartul între frecvenţa de emisie şi recepţie a unui canal radio duplex este de 45 MHz. Folosind o bandă de comunicaţie de 200 kHz pe fiecare sens şi asigurând benzi de gardă de 1000 kHz, la capetele domeniului, se obţin 124 de canale radio (figura 4). Frecvenţele purtătoarelor canalului radio k ($f_{ku}$ pentru sensul MT - BTS şi $f_{kd}$ pentru sensul invers ) sunt date de relaţia (6).

[1] Protocol m odificatpentru acces la conexiune

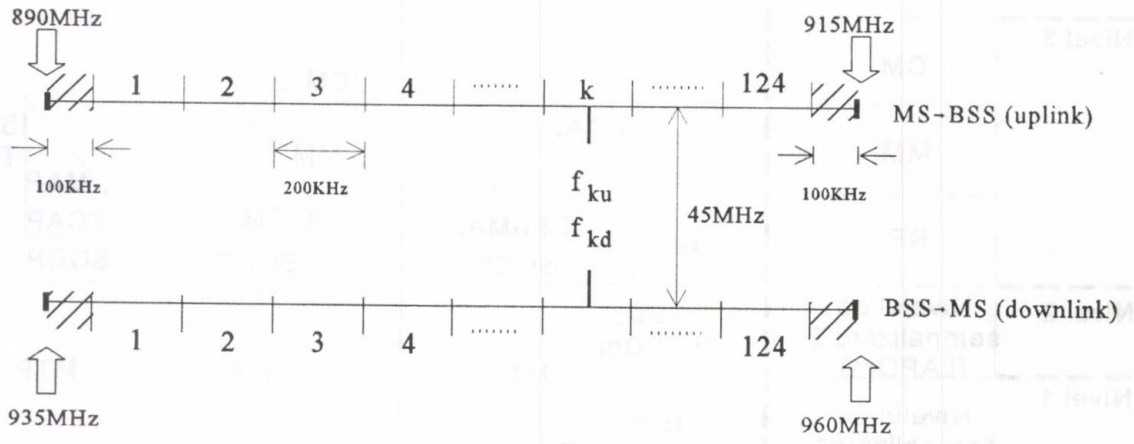


Figura 4 - Dispunerea canalelor în spectrul alocat serviciului GSM.

$$f_{ku} = 890{,}2 + 0{,}2 \cdot (k - 1)\ MHz$$
$$f_{kd} = f_{pu} + 45\ MHz \qquad (1)$$

În GSM, accesul multipli are la bază o schemă cu diviziune în timp implementată pe mai multe canale radio (TDMA/FDMA). Fiecare canal radio este utilizat de 8 abonaţi. Fiecare abonat are acces la canalul radio pe durata unui segment de timp (TS). Astfel, în reţeaua GSM, un canal fizic este reprezentat de o pereche(canal radio k, segment de timp $TS_p$ ), $1 \le k \le 124$, $0 \le p \le 7$. Odată cu introducerea codoarelor vocale cu debit binar redus la jumătate, GSM prevede posibilitatea de a instala doi abonaţi într-un segment de timp.

Un *cadru* este format din 8 segmente de timp şi are o durată de 4,615 ms (figura 5). Fiecare canal fizic este alocat fie unui canal de trafic (TCH) fie unui canal de semnalizare/control (S), în ambele cazuri realizându-se o comunicaţie de date sub formă de pachete. Durata unui segment de timp este de 0,577 ms. În figura 5 sunt prezentate structurile principalelor tipuri de pachete de date transmise într-un canal temporal elementar. Pentru a elimina suprapunerea peste canalul temporal următor, datorită timpului de propagare, în cazul unei celule cu raza de 35 Km, pachetul de acces este mai scurt cu durata corespunzătoare a 68,25 biţi.

Cadrele sunt, la rândul lor, organizate în multicadre formate din 26 cadre şi având o durată de 120 ms. Un supercadru este format din 51 multicadre de trafic sau 26 multicadre de control. Un hipercadru este constituit din 2048 supercadre, ceea ce înseamnă 2715648 cadre. Durata unui hipercadru este 3:28:52,76.

### 4.4. Topologia reţelei celulare

În standardul GSM, raza unei celule normale ia valori în domeniul 2 - 35 Km. Raza maximă este dictată de durata intervalului de gardă la sfârşitul fiecărui pachet de acces. Valoarea maximă se poate dubla la 70 Km dacă se utilizează 2 canale temporale pentru un utilozator. Microcelulele sunt celule cu raza mică de 2 Km.

Reţeaua generatoare poate avea 3 celule (N=3) cu antene sectorizate după 3 direcţii (figura 6). Este cunoscută şi o soluţie cu un factor de reutilizare echivalent al frecvenţei egal cu 2, obţinut pornind de la o hartă celulară cu N=4 în care fiecare celulă este împărţită în 6 sectoare. Fiecărui sector îi este alocat un set de frecvenţe din 12 seturi distincte notate de la 1 la 12 (figura 7). Evident, cele patru celule din reţeaua generatoare nu folosesc seturi de frecvenţe disjuncte. Astfel, în fiecare reţea generatoare de 4 celule apar două sectoare de acelaşi tip ceea ce corespunde unui factor de reutilizare al frecvenţei de 4:2=2.

### 4.5. Spectrul RF radiat

Tehnicile de modulaţie cu fază continuă şi anvelopă constantă sunt larg folosite în cazul radiocomunicaţiilor mobile datorită rezistenţei deosebite la fading şi interferenţă, păstrând totuşi o eficienţă spectrală satisfăcătoare. Cu cât faza semnalului se modifică mai lent şi traiectoria pe care o evoluează în timp este mai netedă cu atât mai bună este eficienţa spectrală. Un reprezentant al acestor tehnici este GMSK (5).

În cazul modulaţiei GMSK, parametrul care controlează atât banda ocupată cât şi interferenţa intersimbol este produsul dintre banda filtrului gaussian $B$ şi durata unui simbol $T$.

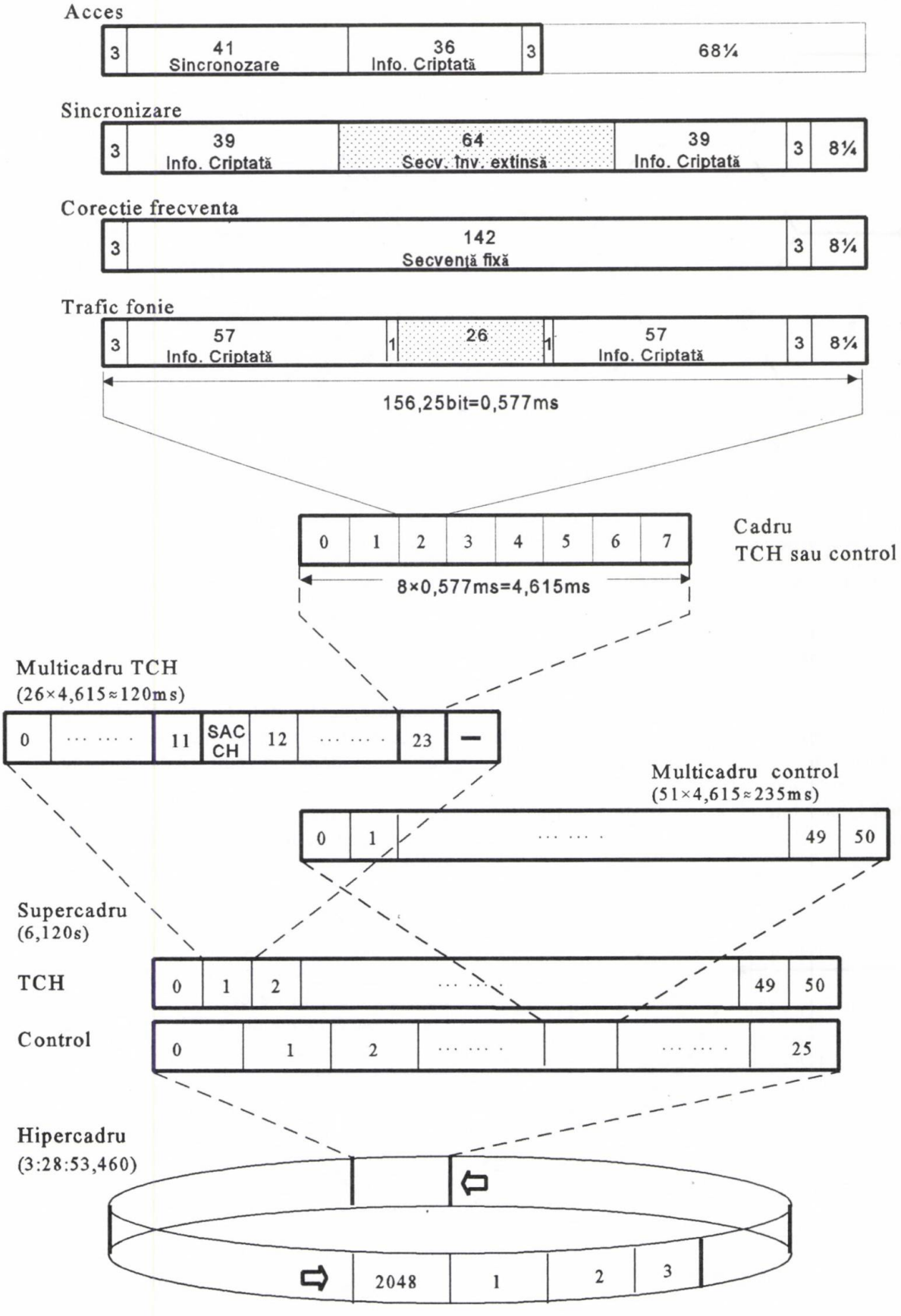


Figura 5 - Structura TDMA pentru GSM.

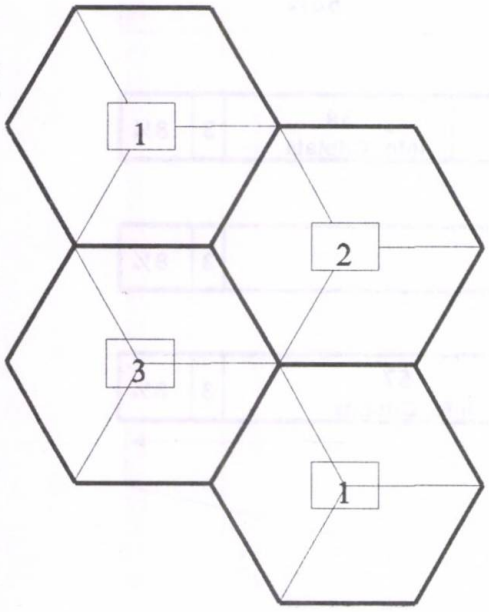


Fig. 6 - Rețea celulară cu N = 3

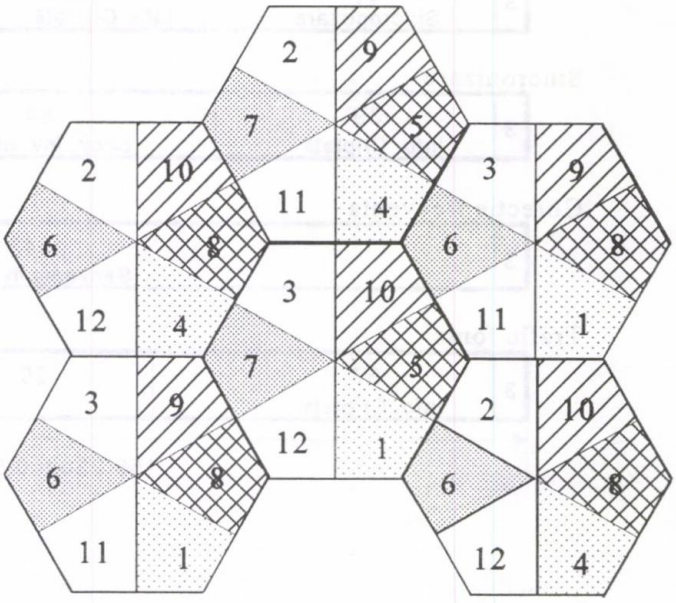


Fig. 7 - Rețea cu un factor de reutilizare 2

Se demonstrează că o mărime a acestuia de la 0,2 la 0,5 conduce la o creștere de numai 2 dB a rezistenței la interferență, cu prețul lărgirii spectrului ocupat. Astfel, o valoare de compromis este 0,3. Trebuie subliniat faptul că, în cazul rețelei GSM, mărimea eficienței spectrale prin reducerea dimensiunii celulelor, reducere permisă de toleranța la interferență a modulației GMSK, este mult mai importantă decât pierderea de spectru, datorată lobilor laterali ai densității spectrale de putere.

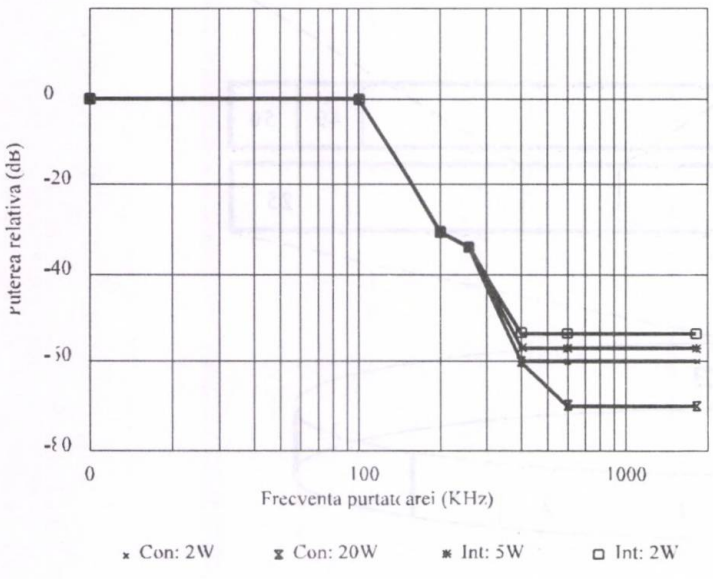


Fig.8 - Gabaritul spectrului RF în rețeaua GSM.

Recomandările de gabarit pentru spectrul RF al modulației GMSK sunt prezentate grafic ca în figura 8. La 200 KHz de purtătoare, puterea radiată trebuie să fie cu 30 dB mai mică decât puterea radiată pe frecvența purtătoare. Nivelurile acceptate pentru puterea împrăștiată în canalele adiacente, la o distanță mai mare de 400 KHz de purtătoare, depind de puterea de emisie și tipul de echipament. Pe figură, prin "Con" se notează puterea la nivelul conectorului antenei, în cazul echipamentelor mobile, iar prin "INT" puterea în antenele integrate a echipamentelor portabile.

### 4.6. Niveluri de putere

În GSM, emițătoarele stațiilor de bază și terminalelor mobile sunt clasificate în funcție de puterea maximă pe care o pot livra. Astfel, se deosebesc 8 categorii de BTS, începând de la 2,5 W până la 320 W, cu o distanță de 3 dB (dublare de putere) între ele.

Controlul adaptiv al puterii este obligatoriu pentru terminalul mobil și opțional pentru BTS. Această caracteristică are drept scop reducerea interferenței și a consumului de putere, păstrând calitatea comunicației. S-au prevăzut 16 niveluri distincte de putere pentru MT, distanțate cu 2 dB. Nivelul minim pentru MT, indiferent de clasă este 13 dBm (20 mW). Nivelul maxim depinde de clasă și este prezentat în **tabelul II.**

| Clasă MS | Putere maximă debitată [ W ] |
|---|---|
| 1 | 20 |
| 2 | 8 |
| 3 | 5 |
| 4 | 2 |
| 5 | 0,8 |

**Tabelul II** - Nivelul maxim de putere pentru MS, în funcţie de clasă

Cu scopul de a controla acoperirea radio a celulei, puterea BTS poate fi redusă de la valoarea maximă cu cel puţin 6 trepte de 2 dB, fiecare având o acurateţe de ± 0,5 dB. Acest reglaj fix nu trebuie confundat cu controlul adaptiv al puterii.

### 4.7. Canale logice

Subsistemul radio asigură un anumit număr de canale logice care pot fi catalogate în *canale de trafic (TCH) şi canale de semnalizare/control (S).* Folosind aceste canale, nivelul fizic realizează transmiterea informaţiei şi susţine cellalte niveluri [6], [7].

doilea caz, cele două canale de trafic sunt instalate în acelaşi canal temporal dar îl folosesc în mod alternativ, unul în cadrele impare iar celălalt în cadrele pare.

GSM oferă o mare varietate de canale de trafic pentru comunicaţie vocală sau de date. În tabelul III acestea se notează prin TCH/$\alpha$ $\beta$ unde $\alpha$ se înlocuieşte cu H sau H, iar $\beta$ , în cazul comunicaţiei de date, precizează rata de transfer în kbs: 9,6, 4,8 sau 2,4.

Principala funcţie a canalelor de semnalizare/control este de a transfera aceste informaţii.

Aceste canale sunt divizate în trei categorii:

- canale de difuziune (BCCH),
- canale comune de control (CCCH), oricând la dispoziţia tuturor utilizatorilor şi
- canale de control dedicate unui singur utilizator (USCC) pe o durată de timp finită.

Canalele de tip BCCH sunt folosite în faza premergătoare stabilirii unei conexiuni de comunicaţie. Ele sunt unidirecţionale : de la staţia de bază la term inal. Din această categorie fac parte canale logice : de difuziune la nivelul celulei

| Canale logice | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Canale TCH duplex | | Canale de control şi semnalizare (S) | | | |
| Vocale (cu FEC) | Date (cu FEC) | BCCH (BSS - MS) | CCCH | USCCH (BSS - MS) | ACCH (BSS - MS) |
| TCH/F<br><br>22,8 kbs | TCH/F9,9<br>TCH/F4,8<br>TCH/F2,4<br>22,8 kbs | FCCH | PCH (BSS - MS) | SDCCH/4 (cu 4 subcanale) | Rapide FACCH/F FACCH/H |
| TCH/H<br><br>11,4 kbs | TCH/H4,8<br>TCH/H2,4<br>11,4 kbs | SCH | RACH (MS - BSS) | SDCCH/8 (cu 8 subcanale) | Lente SACCH/TF, SACCH/TH SACCH/C4, SACCH/c8 |
| | | BCCH | AGCH (BSS - MS) | | |

Tabel III - Canalele logice ale GSM

### 4.7.1. Canale de trafic

Canalele de trafic sunt folosite exclusiv pentru comunicaţia propriu-zisă, prin ele transmiţându-se două tipuri de informaţii : voce sau date. Canalele de trafic de viteză maximă (TCH/F) beneficiază de o viteză binară de 22,8 kb/s, câtă vreme, pentru canalele de trafic cu viteza redusă la jumătate (TCH/H) aceasta este 11,4 kb/s. Într-un canal fizic este instalat fie un singur canal TCH/F fie două canale TCH/H. În primul caz, canalul de trafic ocupă un canal temporal, cadru de cadru. În cel de-al

(BCCH), de corecţie a frecvenţei (FCCH) şi de sincronizare (SCH).

Canalele comune de control (CCH în terminologia GSM) sunt folosite de toţi utilizatorii în faza de acces. Aceste canale sunt bidirecţionale şi permit realizarea a două tipuri distincte de funcţii : paging şi acces. Funcţia de paging este folosită pentru apelurile din reţea destinate unui abonat mobil (MS), iar funcţia de acces este folosită pentru apelurile iniţiate de MS.

Din categoria CCCH fac parte : canalele logice de paging (PCH) şi de confirmare a accesului (AGCH) care utilizează numai sensul BSS - MS al unui canal radio duplex. Pe sensul invers sunt instalate canalele logice de acces aleator (RACH) folosite când abonatul solicită un canal dedicat de semnalizare. Deoarece solicitarea este permisă la orice moment de timp, accesul are un caracter aleator pentru reţea. Pe un canal fizic se poate instala un canal comun de control, acesta fiind folosit fie pentru funcţia de paging fie pentru funcţia de acces aleator, căci pe sensul BSS - MS nu se vor transmite mesaje de paging şi de confirmare a accesului.

Spre deosebire de canalele de trafic, care sunt instalate fiecare pe câte un canal fizic, canalele logice BCCH şi CCCH, puse la dispoziţia abonaţilor mobili într-o celulă dată, sunt instalate pe acelaşi canal fizic, corespunzător canalului temporal 0 al aşa numitelor purtătoare BCCH ale celulei (figura 9). Pe sensul MS-BSS toate cele 51 de canale logice, din fiecare cadru, sunt de tipul RACH. Pe sensul BSS-MS, se disting 5 grupe de câte 10 cadre, cadrul 51 fiind disponibil. Primul grup are o structură diferită faţă de celelalte 4. Prin aceasta se urmăreşte reducerea la minimum a consumului de canale pentru alte funcţii faţă de acelea care conferă capacitate sistemului.

Canalele de control dedicate (USCCH) sunt fie *autonome* (SDCCH) fie *asociate* unui canal dat (ACCH). Ambele tipuri sunt bidirecţionale.

Canalele autonome se clasifică după numărul de subcanale în: SDCCH/4 respectiv SDCCH/8. Aceste canale sunt folosite în procesul de stabilire a unui canal de comunicaţie în conformitate cu serviciul solicitat de utilizator.

Canalele ACCH sunt asociate pentru semnalizare fie unui canal TCH fie unui canal SDCCH. Sensul BSS-MT este utilizat pentru controlul puterii şi avansul momentului de emisie al terminalului. Pe sensul MT-BSS sunt transmise informaţii referitoare la startea terminalului, cum ar fi rezultatul măsurărilor de câmp efectuate de MT, rezultate care stau la baza procedurilor de transfer, etc.

Se deosebesc două tipuri de canale de control asociate: cu acţiune rapidă (FACCH) şi cu acţiune lentă (SACCH). FACCH este folosit pentru comenzi de transfer între celule sau realocare de canal în cadrul aceleiaşi celule. FACCH se instalează prin înlocuirea informaţiilor din TCH curent cu informaţiile de comandă urgentă. Biţii semafor indică dacă conţinutul pachetului respectiv corespunde canalului de trafic sau FACCH.

Canalele cu acţiune lentă sunt de 4 tipuri, în funcţie de tipul canalului de trafic la care sunt asociate.

SACCH/TF, SACCH/TH asistă TCH/F sau TCH/H iar SACCH/C4,/C8 asigură canale SDCCH/4, respectiv SDVVh/8. Pe sensul BSS-MS, prin SACCH se transmit comenzi pentru controlul puterii de emisie şi avansul emisiei la MT. Pe sensul opus, MT răspunde transmiţând nivelul puterii folosite la emisie, puterea recepţionată şi calitatea semnalelor de la staţiile de bază învecinate celulei curente.

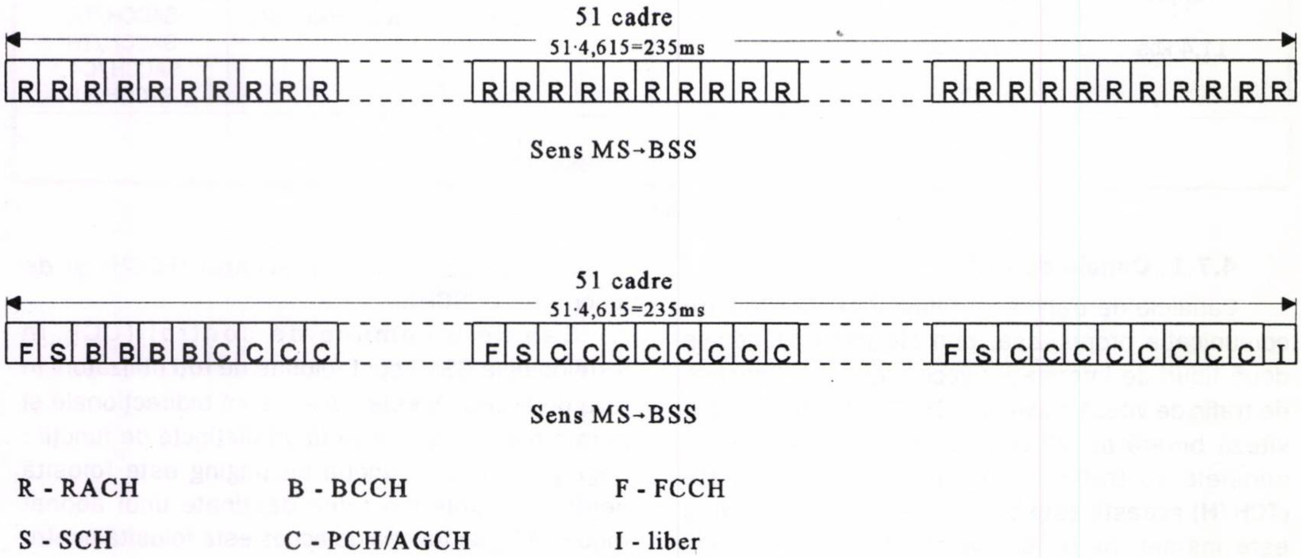


Figura 9 - Organizarea unui multicadru de control

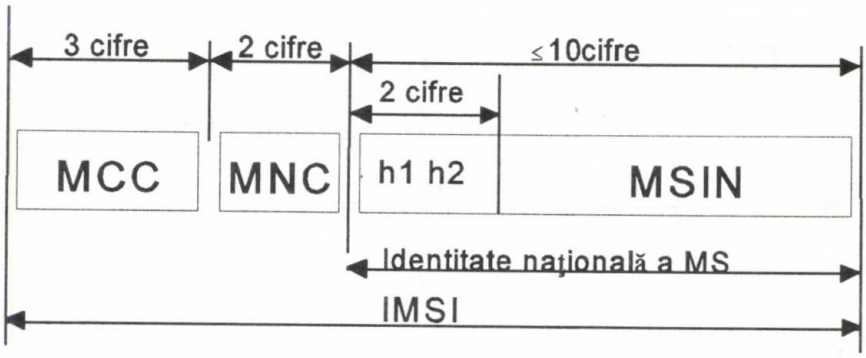


Fig.10 - Structura IMSI

## 5. Adresarea abonaţilor mobili

Sistemul GSM foloseşte 4 metode de adresare a unui abonat mobil:

- numărul de identitate internaţională a abonatului mobil (IMSI), care nu se modifică şi are semnificaţie numai în interiorul reţelei,
- numărul de identitate temporară a abonatului mobil (TMSI), utilizând pentru adresarea abonatului pe segmentul (din lanţul de comunicaţie) BSS-MS,
- numărul ISDN al abonatului mobil (MSISDN), care identifică abonatul mobil în exteriorul reţelei şi
- numărul flotant (MSRN), care este atribuit pe durata stabilirii unei conexiuni cu un abonat mobil. Principala funcţie a acestuia este de a ruta apelul prin centralele de comutare.

Datorit diferenţierii pe care o face sistemul GSM între echipamentul şi abonatul mobil, reţeaua poate controla identitatea oricărui echipament care solicită accesul, prin intermediul numărului internaţional al echipamentului mobil (IMEI).

### 5.1. Numărul de identitate internaţională a abonatuluii mobil (IMSI)

Fiecare abonat are o identitate internaţională invariabilă, specifică fiecărei reţele GSM, în conformitate cu planul de identificare E.212 al UIT. Din motive de securitate[2] şi confidenţiale[3] IMSI este transmis cât mai rar posibil prin interfaţa radio.

Numărul IMSI are cel mult 15 cifre fiind organizat în trei câmpuri (figura 10) : codul ţării (MCC), codul reţelei de comunicaţii mobile (MNC) şi numărul de identificare al abonatului m obil (MSIN).

Primele două câmpuri, MCC şi MNC, identifică, în mod unic, sub-reţeaua de înregistrare a abonatului, în cadrul reţelei GSM Europene. Primele două cifre ale MSIN, $h_1$ şi $h_2$ , reprezintă indicativul HLR, în cadrul sub-reţelei de înregistrare, în care se află informaţia de înregistrare (primară) a abonatului mobil. Astfel, pornind de la un IMSI, reţeaua este capabilă să adreseze HLR în care se află informaţiile pentru abonatul în cauză. IMSI este memorat pe SIM în momentul emiterii abonamentului.

### 5.2. Numărul de identitate temporară a abonatului mobil (TMSI)

În interiorul unei zone geografice administrată de un VLR, numită şi arie de localizare, un abonat dispune de un număr de identitate temporară, TMSI, cu semnificaţie locală. TMSI este cunoscut numai de MS şi ansamblul MSC/VLR vizitat, niciodată de HLR. Mai mulţi abonaţi, aflaţi în arii de localizare diferite (deserviţi de VLR distincte) pot avea acelaşi TMSI. De câte ori abonatul, datorită mobilităţii, trece în altă arie de localizare, i se atribuie un nou TMSI de către VLR care-l preia.

Operatorul unei sub-reţele GSM are libertatea de a alege structura TMSI, cu condiţia de a nu depăşi 4 octeţi. Lungimea mai scurtă decât a IMSI are drept scop reducerea mărimii mesajelor transmise prin interfaţă radio.

### 5.3. Numărul ISDN al abonatului mobil (MSISDN)

Fiecare abonat mobil primeşte un număr ISDN care are semnificaţie în exteriorul reţelei GSM. HLR conţine tabela de corespondenţă dintre MSISDN şi IMSI pentru fiecare abonat al reţelei. Numărul ISDN al abonatului mobil (MSISDN) este în conformitate cu standardul CCITT E.165 şi trebuie să respecte planul de numerotare din ţara de înregistrare. MSISDN conţine trei componente (figura 11): codul ţării (CC), codul de destinaţie la nivel naţional

[2] Pentru a evita intercepţia şi apoi utilizarea lui de către un intrus
[3] Prin recepţia pirat a interfeţei radio să nu poată fi identificat abonatul angajat în comutaţie

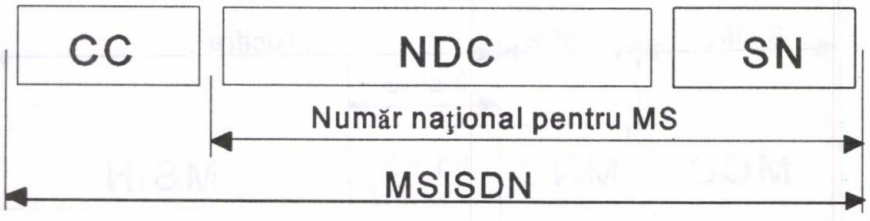


Figura 11 - Structura MSISDN

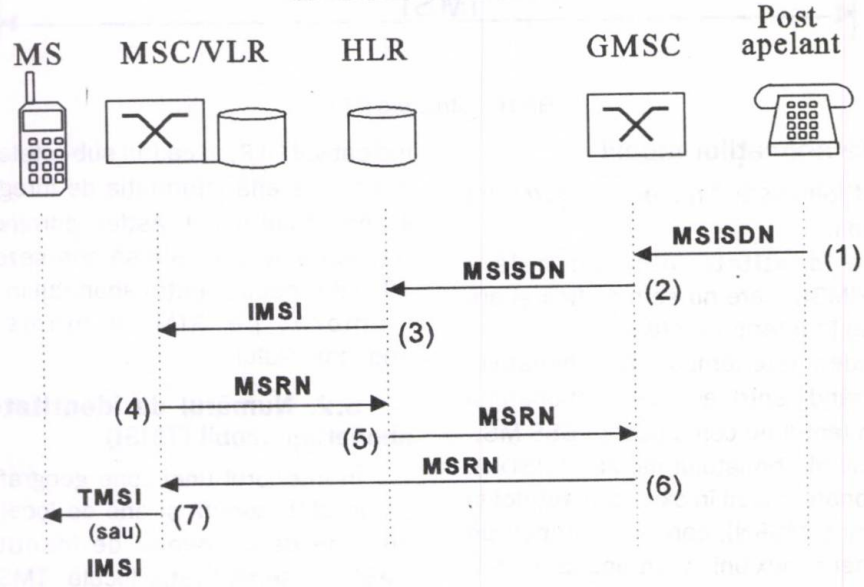


Figura 12 - Rutarea unui apel din exterior

(NDC), care specifică reţeaua naţională, şi numărul abonatului (SN).

Ultimele două componente (NDC+SN) formează numărul naţional al abonatului mobil. Numărul MSISDN este format de un abonat chemător din reţeaua PSTN/ISDN şi este folosit pentru a ruta apelul către centrala-port de interconectare (GMSC) a reţelei GSM. Aceasta foloseşte MSISDN pentru a obţine de la HLR de origine informaţia de re-rutare necesară pentru a trimite apelul la MSC vizitat (MSC în zona căruia se află la momentul respectiv abonatul mobil chemat).

### 5.4. Numărul flotant al abonatului mobil (MSRN)

Informaţia de re-rutare este păstrată sub forma numărului flotant al abonatului mobil (MSRN). MSRN este un număr temporar, alocat de VLR asociat MSC vizitat, şi trimis către HLR din reţeaua de origine a abonatului mobil, fie în urma procesului de reactualizare a informaţiei de poziţionare fie la iniţierea unui apel. MSRN are aceeaşi structură cu MSISDN specific zonei în care se află.

**Exemplu de rutare în reţeaua GSM**

În figura 12 este reprezentat schimbul de informaţii între entităţile reţelei GSM, prin reţeaua de semnalizare, pentru a ruta apelul către abonatul mobil chemat.

**(1)** Numărul MSISDN format de abonatul chemător din exteriorul reţelei mobile ajunge la o centrală locală sau de tranzit. Aceasta rutează apelul destinat unui mobil, identificat prin NDC, către cel mai apropiat MSC, care va îndeplini funcţia de GMSC (la nivel naţional) sau, către centrala (naţională) pentru abonaţi mobili cu funcţia de poartă de acces.

**(2)** GMSC interoghează HLR (de înregistrare al MS) pentru a afla MSC vizitat, în aria de deservire a căruia se află abonatul mobil la momentul respectiv, în vederea rutării apelului.

**(3)** HLR traduce MSISDN în numărul IMSI, cu care este interogat VLR, în aria de localizare a căruia se află MS, în vederea obţinerii MSRN.

**(4)** VLR curent atribuie abonatului un număr flotant de rutare (MSRN) pe care-l transmite către HLR.

**(5)** HLR transmite MSRN către GMSC.

**(6)** GMSC rutează apelul către MSC vizitat, procedând ca în cazul unui apel telefonic convenţional spre un abonat cu numărul MSRN.

**(7)** MSC vizitat apelează MS folosind TMSI alocat în momentul reactualizării ariei de localizare sau înregistrării în reţea pentru o nouă sesiune de comunicaţie.

## 6. Autorizarea şi secretizarea comunicaţiei

Datorită segmentului de radiocomunicaţie din lanţul de comunicaţie, confidenţialitatea şi securitatea sunt fragile în cadrul unui sistem de comunicaţii mobile. Abonaţii mobili sunt vulnerabili:

- la posibilitatea de utilizare frauduloasă a contului lor de către persoane care dispun de echipamente mobile "pirat" şi care se prezintă în reţea cu identitatea unui abonat autorizat,
- la posibilitatea de a le fi interceptate comunicaţiile prin segmentul radio al canalului de comunicaţie.

Astfel, este necesar ca sistemul de comunicaţii mobile să dispună de funcţii de securitate suplimentară, având drept obiectiv protecţia abonaţilor şi a operatorului. Reţeaua GSM oferă următoarele funcţii de securitate:

- confidenţialitatea IMSI,
- verificarea identităţii abonaţilor pentru a proteja accesul la servicii,
- confidenţialitatea (secretizarea) informaţiilor utilizatorului,
- confidenţialitatea informaţiilor de semnalizare.

Aspectele legate de securitatea comunicaţiei în sistemul GSM sunt descrise în recomandările 02.09, 02.17, 03.20 şi 03.21. Secretizarea se practică numai prin interfaţă radio. La baza conceptului de securitate se află modul de identitate al abonatului (SIM), primit de abonat în momentul înregistrării sale în reţea şi asigurat suplimentar printr-un număr de identificare personal (PIN).

### 6.1. Principiile generale de autorizare şi secretizare

Pentru realizarea funcţiilor de autentificare şi secretizare, standardul GSM utilizează următoarele elemente (figura 13):

- un număr aleator R,
- o cheie $K_i$ ,
- un algoritm A3 pentru autentificare, care este folosit pentru a calcula răspunsul semnat SRES folosind drept argumente de intrare R şi cheia $K_i$ ,
- un algoritm A8 pentru calculul cheii $K_c$ folosind drept argumente de intrare R şi
- un algoritm A5 pentru criptarea/decriptarea mesajelor folosind cheia $K_c$.

### 6.2. Verificarea autenticităţii

Autentificarea se realizează folosind metoda de comparare a răspunsului obţinut la o "încercare" cu răspunsul corect. Reţeaua poate iniţia procesul de autentificare al MS la fiecare reactualizare a localizării, la fiecare încercare de apel (de intrare sau de ieşire) sau înainte de a activa anumite

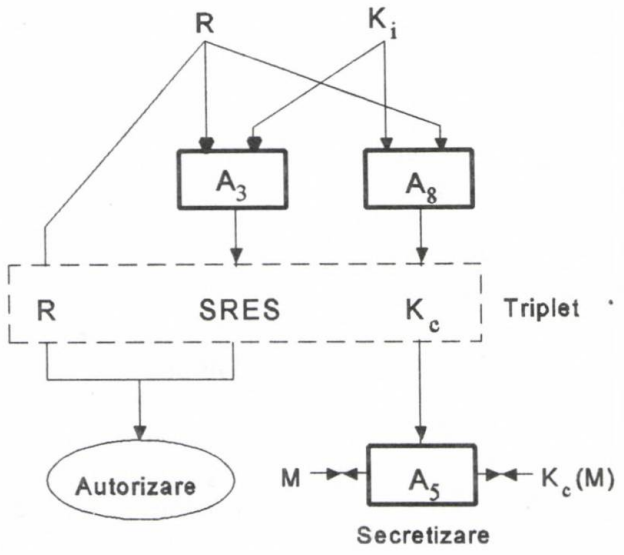


Fig. 13 - Elementele pentru securitate ale GSM.

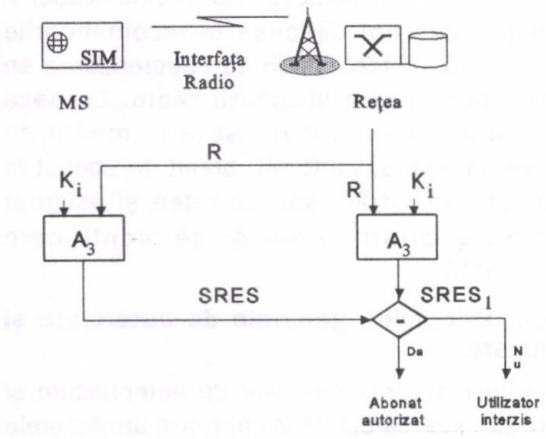


Fig. 14 - Procesul de autorizare a unui utilizator.

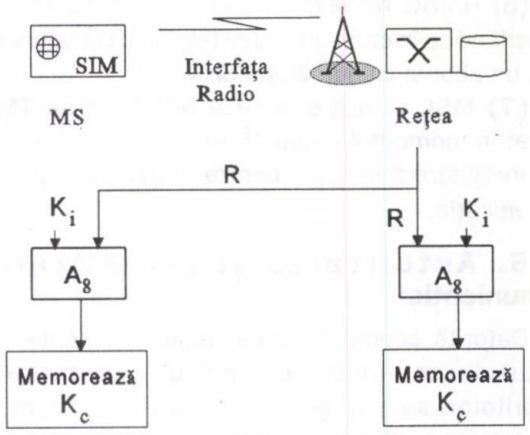


Fig. 15 - Secretizarea comunicaţiei

servicii suplimentare. Dacă autentificarea nu reuşeşte, se refuză accesul MS în reţea.

Când încearcă să acceseze reţeaua, un abonat mobil îşi prezintă identitatea şi primeşte un număr aleator (R) care, împreună cu cheia $K_i$ este folosit pentru a calcula răspunsul semnat prin invocarea algoritmului confidenţial A3: SRES = [ $K_i$ (A3)R ] (figura 14). Răspunsul semnat SRES este transmis înapoi reţelei, unde este comparat cu răspunsul calculat local $SRES_1$ , în caz de identitate fiind autorizat accesul.

### 6.3. Secretizarea comunicaţiei

Pe lângă *SRES*, MS calculează cheia de cifrare $K_c$ folosind un alt algoritm confidenţial (A8), memorat pe SIM. De asemenea, $K_c$ este calculat de reţea. Astfel, prin interfaţa radio nu se transmite, în mod neprotejat, nici o informaţie confidenţială (figura 15).

Odată verificată autenticitatea unui abonat mobil, verificare în urma căreia atât reţeaua cât şi terminalul cunosc $K_c$ , reţeaua iniţiază comanda pentru modul de lucru criptat. Drept rezultat, din acest moment, toate mesajele transmise prin interfaţa radio vor fi criptate la transmisie şi decriptate la recepţie, folosind în ambele cazuri algoritmul confidenţial A5.

Confidenţialitatea comunicaţiei este garantată în plus, prin înlocuirea identităţii reale a abonatului IMSI, în etapa de prezentare în reţea, cu identitatea temporară TMSI, valabilă numai în interiorul unei arii de localizare (LAI). Reţeaua, prin VLR, opăstrează evidenţa asociaţiei TMSI-IMSI. La fiecare procedură de reactualizare a localizării, un nou TMSI este alocat abonatului în VLR care-l va deservi în continuare.

## 7. Direcţii de dezvoltare

Înainte de anul 2000, GSM va oferi o gamă largă de noi servicii, deja specificate în faza 2+, cum ar fi:

- ASCI (Advanced Speech Call Items) care aduce o serie de servicii noi de fonie cum ar fi: Serviciul de difuziune celulară vocală, serviciul de apel pentru un grup şi un serviciu de prioritate în stabilirea apelurilor,
- GPRS (General Cacket Radio Services) va introduce un tip nou de servicii de date, exploatând o structură de pachete a mesajelor care este mai puţin restrictivă asupra întârzierilor absolute şi relative între pachete. GPRS poate aloca dinamic până la 8 canale temporale pentru un utilizator mobil.
- CAMEL (Customised Application for Mobile Networks Enhanced Logic) asigură infrastructura necesară operatorilor pentru a oferi servicii noi, chiar dacă abonatul părăseşte reţeaua de înregistrare.
- Compresia de date conform standardului V42 bis cu o capacitate de compresie de 2 până la 3 ori pentru text obişnuit.
- Comunicaţie de date prin circuite de mare viteză (HSCSD) prin asigurarea de 8 canale temporale pentru un utilizator.

**HSCSD, GPRS** şi **ASC**I pot fi privite ca posibile servicii pentru UMTS.

Este important de înţeles rolul uriaş ope care îl au agenţiile naţionale din domeniu şi societăţile concurente din sfera serviciilor de dezvoltare de noi sisteme de radiocomunicaţii, de servicii şi tehnologii. Atâta vreme cât utilizarea spectrului

radio este controlată de organisme guvernamentale și nu de operatorii de rețele, fabricanții de echipamente sau cercetători, politica din domeniul tehnic este un alt element fundamental în evoluția spre noi tehnologii și servicii. Pentru un guvern care dorește să păstreze industria națională competitivă într-un domeniu cu o evoluție atât de rapidă ca cel al comunicațiilor mobile, implicarea progresivă în dezvoltarea tehnologiei este vitală.

## Abrevieri

**ACCH** Associated Control CHannel
**AGCH** Acces Grant CHannel (downlink)
**ASCI** Advanced Speech Call Items
**AUC** Authentification Center

**BCCH** Broadcast Control CHannels (group of 3 control channels)
Broadcast Control CHannel (logical channel)
**BSC** Base Station Controller
**BSIC** Base Station Identity Code
**BSS** Base Station System
**BSSMAP** Base Station System Management Application Part
**BTS** Base Transceiver System

**CAMEL** Customised Application for Mobile Networks Enhanced Logic
**CC** Call control
**CCCH** Commune Control CHannels
**CCITT** Consultative Committee , International for Telephony and Telegraphy
**CEPT** Conference European of Postes and Telecommunications Administrayions Connection Management

**DTAP** Direct Transfer Application Part
**DECT** Digital European Cordless Telephony
**DTE** Data Terminal Equipment
**DTX** Discontinous transmission

**EIR** Equipment Identification Register
**ETSI** European Telecommunications Standards Institute

**FACCH** Fast Associated Control CHannel
**FCCH** Frequency Correction CHannel
**FDMA** Frequency Division Multiple Access
**FH** Frequency hopping

**GMSC** Gateway MSC
**GMSK** Gaussian Minimum Shift Keying
**GPRS** General Packet Radio Services
**GSM** Global System for Mobilec communications

**HLR** Home Location Register
**HSCSD** High Speed Circuits Switched Data

**IMEI** International Mobile Equipment Identity
**IMSI** International Mobile Subscriber Identity
**IN** Intelligent Network
**ISDN** Integrated Services Digital Network

**LAI** Location Aria Identity
**LAPD** Link Access Protocol D
**LAPDm** LAPD for Mobile Application

**MAHO** Mobile Assisted Handoff
**MAP** Mobile Application Part
**MCC** Mobile Country Code
**MM** Mobility Management
**MoU** Memorandum of Understanding
**MNC** Mobile Network Code
**MS** Mobile Subscriber
**MSC** Mobile Switching Center
**MSIN** Mobile Subscriber Identification Number
**MSISDN** Mobile Station ISDN number
**MSRN** Mobile Station Roaming Number
**MT** Mobile Terminal

**NDC** National Destination Code
**NMC** Network Management Center
**NSS** Network Sub-System

**OMC** Operation and Management Center
**OMS** Operation and Management Sub-system

**PAD** Packet Assemblers and isassemblers
**PAM/FM** Pulse Amplitude Mondulation/Frequency Modulation
**PCH** Paging CHannel
**PSTN** Public Switched Telephone Network

**RACH** Random Access CHannel (uplink)

**RR** Radio Resource
**RSS** Radio Sub-System

**SACCH** Slow Associated Control CHannel
**SCH** Synchronization CHannel
**SCCP** Signalling Connection Transfer Part
**SCE/SMS** Service Creation Environment /Service Management Syustem
**SCP** Service Control Point
**SDCCH** Stand-alone Dedicated Control CHannel
**SIM** Subscriber Identity Module
**SMS** Short Message Service
**SMSCB** Short Message Service Cell Broadcast
**SMSPP** Short Message Service Point to Point
**SN** Subscriber Number (in MSISDN)
**SS** Suplementary Services (eg. Calling Line Identity, Call Forwarding, Call Barring, Multiparty, Closed User Group,..)
**SS7** Signalling System number 7
**SSP** Service Switching Point

**TCAP** Transfer Capabilities Application Part
**TCH** Traffic Channel
**TDMA** Time Division Multiple Access
**TMSI** Temporary Mobile Subscriber Identity
**TS** Time Slot

**UMTS** Universal Mobile Telecommunications System
**USCCH** User Specific Control CHannel

**VLR** Visited Location Register

**WARC** World Administrative Radio Conference

## BIBLIOGRAFIE

[1]. Nicolae Coţanis, "The radio receiver saga: An intoduction to the classic paper by Edwin, H. Armstrong," - IEEE Proc. , April 1997

[2]. Jonas Twingler, "The Future of the GSM Standard", PAN EUROPEAN DIGITAL CELULAR RADIO CONFERENCE, 16-17 feb. 1993, Lisbon, Portugal

[3]. Goran Erikson, "GSM and Future Mobile Systems from Operators Point of View", ICT'96, pg. 79-82

[4]. Moe Rahnema, "Overview of the GSM System and Protocol Architecture", IEEE Com. MAG., aprilie 1993, pg. 92-100

[5]. Raymond Steel, "Mobile Radiocommunications", Pentech Press, 1992

[6]. Nicolae Coţanis, "Radiocomunicaţii mobile. GSM", Note de curs, Universitatea Politehnică Bucureşti, 1997

[7]. Nicolae Coţanis, ..., "Sisteme de radiocomunicaţii mobile", Editura Tehnică, 1997.

# Direcții actuale de cercetare în electronică și telecomunicații în România. Extrase din articolul apărut în revista Telecomunicații nr. 1/1958.

*Prof. Gh. Cartianu, Prof. S. Condrea, Prof. Edm. Nicolau*

**Cercetarea** în electronică și telecomunicații este mai veche în țara noastră. Ea a luat o dezvoltare mai mare în ultimul timp. Aceasta a avut loc datorită creării unor condiții mai bune de desfășurare a muncii științifice, prin dezvoltarea unei industrii de specialitate prin înființarea unor institute de cercetări și prin formarea unor cadre de înaltă calificare.

Astfel s-au putut obține o serie de rezultate importante atât din punct de vedere teoretic cât și al aplicațiilor în producție în diverse domenii ale electronicii și ale telecomunicațiilor.

Se poate însă afirma că rezultatele obținute sunt prea puțin cunoscute în rândul specialiștilor din țara noastră; cu atât mai mult aceste lucrări nu sunt cunoscute peste hotare.

Scopul acestui referat este tocmai de a face cunoscute principalele direcții de cercetare în electronică și telecomunicații la noi în țară. Așa cum rezultă din titlu, nu s-a făcut o prezentare istorică, în care să se înregistreze toate lucrările realizate în domeniile respective, ci s-au expus numai principalele direcții de cercetare, în care se lucrează în prezent la noi în șară și în special acelea în care s-au conturat unele școli naționale.

Gruparea materialului nu s-a făcut după persoane, ci după problemele mari în jurul cărora se grupează studiile efectuate.

## Studiul oscilatoarelor și al stabilității circuitelor electronice

Problemele teoretice și experimentale în legătură cu oscilatoarele și cu stabilitatea sistemelor electrice au constituit obiectul unui mare număr de lucrări efectuate la noi în țară.

O parte din aceste lucrări se ocupă de sistemele electrice cu tuburi cu descărcare în gaze sau în tuburi electronice, care se comportă ca o rezistență negativă, sau mai general ca un circuit cu parametrii negativi.

Altă parte din lucrări se ocupă de studierea condițiilor de stabilitate a sistemelor electrice cu reacție sau cu rezistență negativă și a condițiilor în sistemele liniare. Este de remarcat aici găsirea unui criteriu simplu de recunoaștere a stabilității sau a instabilității unui sistem în apropierea limitei de stabilitate; s-a pus în evidență că stabilitatea unui sistem electric oarecare este determinată de semnul produsului dintre rezistența circuitului și derivata reactanței în funcție de frecvență.

Studiile au fost extinse la stabilitatea regimului oscilant staționar cvasiarmonic al sistemelor neliniare. Utilizându-se metode de liniarizare s-au găsit relațiile generale care definesc stabilitatea oscilațiilor adică condițiile de limitare a amplitudinilor.

Lucrări remarcabile în această problemă au fost făcute de G. Cartianu, E. Nicolau, T. Tănăsescu.

### Amplificatoare clasa C

Studiul amplificatorului clasa C în vederea stabilirii condițiilor optime de funcționare în instalațiile de emisie și ca oscilatoare este o problemă de primă importanță în radiotehnică. În această problemă au fost realizate la noi în țară numeroase lucrări în care s-a studiat funcționarea amplificatoarelor clasă C pe baza caracteristicilor idealizate ale tuburilor. Cele mai multe lucrări în această problemă sunt datorite profesorului

T. Tănăsescu. Alte lucrări se referă la funcționarea amplificatoarelor clasă C dezacordare și la proiectarea lor.

### Modulație de frecvență

În ultimii ani problema transmisiunii cu modulație de frecvență a fost studiată în țara noastră în numeroase lucrări teoretice și experimentale. Cercetările au condus în unele cazuri la realizări practice remarcabile.

Preocupările pentru aceste probleme au apărut în momentul când tehnicienii au început să-și dea seama de importanța folosirii radioreleelor și de importanța introducerii, în viitorul apropiat, a radiodifuziunii cu modulație de frecvență pe unde metrice și decimetrice.

Această problemă este în special interesantă pentru țara noastră unde configurația terenului permite dezvoltarea unor rețele de radiorelee și de radiodifuziune pe unde metrice cu cheltuieli de investiție relativ mici. Dezvoltarea rețelei de radiorelee din țara noastră în ultimii ani a făcut să crească și mai mult preocupările pentru aceste probleme.

În problema modulației de frecvență studiile au fost dezvoltate pe mai multe linii.

În primul rând s-au studiat mijloacele de producere a oscilațiilor modulate în frecvență. Ca rezultat al acestor studfii s-au imaginat o serie de scheme originale de modulatoare cu tub de rezistență variabilă (G.Cartianu), cu ferite (C.Teodorescu) și cu tub de descărcare în gaze (P.Stiubei).

Pe baza primei scheme s-a construit un emițător experimental cu ajutorul căruia s-au făcut primele experiențe de radiorelee în țara noastră între studioul din București și stația de emisiune București II în 1950.

Pe baza experienței căpătate s-a putut trece la realizarea unor emițători de radiodifuziune cu modulație de frecvență pe unde metrice care sunt în exploatare curentă de un an și jumătate cu rezultate foarte bune. Acești emițători au fost realizați de două colective, unul lucrând în cadrul Institutului Politehnic din București și altul în cadrul Departamentului Poștelor și Telecomunicațiilor.

S-au efectuat numeroase lucrări în legătură cu problema atât de importantă a distorsiunilor în modulație de frecvență; s-au studiat distorsiunile care iau naștere în modulator, în amplificatoarele de radiofrecvență și în general în sistemele de transmisiune și s-au stabilit formulele de calcul.

### Televiziune

În ultimii ani, în cadrul Laboratorului central de cercetări al Departamentului Poștelor și Telecomunicațiilor, a început studierea problemelor în legătură cu televiziunea în vederea construirii unei instalații experimentale de televiziune.

Principalele probleme care s-au pus au fost găsirea metodelor de lucru într-un domeniu cu totul nou la noi în țară și adaptarea instalațiilor la posibilitățile de realizare cu mijloace existente la noi. Au fost întreprinse studii pe două linii distincte: în legătură cu lanțul de videofrecvență, și în legătură cu lanțul de radiofrecvență.

Instalațiile proiectate au fost complet executate în laboratorul central de cercetări al Departamentului Poștelor și Telecomunicațiilor. Instalația realizată se compune dintr-un emițător de televiziune de 1,5 kW un emițător de sunet cu modulație de frecvență de 350 W și o cameră de telecinema complet echipată. Wmisiunile experimentale făcute au dat deplină satisfacție.

În aceste probleme sunt de remarcat în special contribuțiile aduse de A. Spătaru, O. Gheorghiu, G. Antonescu, N. Luncescu, I. Răducanu.

### Electronică și studiouri

Problema de electrionică și de acustica încăperilor au format la noi în țară obiectul a numeroase cercetări. Problemele de electroacustică au fost în special studiate în legătură cu construcția și fabricarea la noi în țară a difuzoarelor. Problema a doua a fost studiată în legătură cu realizarea studiourilor pentru diferitele producții sonore și în special pentru radiodifuziune. S-a elaborat o metodă științifică de calcul și proiectare a difuzoarelor electrodinamice cu radiație directă, în același timp, cu un studiu aprofundat al modului de lucru al acestor difuzoare.

S-au făcut, de asemenea, studii în legătură cu zgomotele, cu măsurile electroacustice, cu inteligibilitatea, cu fonetica limbii române și cu unele probleme relative la acustica marilor săli.

### Antene

S-au studiat în special sistemele de antene directive formate de șiruri de antene. S-a dat o metodă grafică originală de determinare a caracteristicii de directivitate la un sistem format din două antene.

În mod special s-au studiat sistemele directive din câștig mare pentru unde scurte, stabilindu-se că anumite șiruri de 2,3 sau 4 radiatori situați la anumite distanțe unii de alții și alimentați cu anume curenți, conduc la câștiguri de putere net superioară celor date în literatura de specialitate.

În afară de șirurile de antene s-au efectuat studii asupra antenelor îngropate în pământ (V. Cătuneanu) și asupra dipolilor îndoiți cu mai multe elemente (A. Millea).

### Teoria informației

Una din aplicațiile tehnice cele mai importante ale teoriei informației constă în stabilirea criteriilor și găsirea mijloacelor pentru obținerea unei transmisiuni maxime de informație, cu minimum de semnale.

În această direcție s-au întreprins în țara noastră o serie de studii și cercetări în domeniul telecomunicațiilor. Astfel, s-a stdiat eficaciitatea sistemelor de telecomunicații analizându-se spectrul de frecvență, corespunzător unei articulații date, în comunicațiile telefonice, precum și criteriile generale pentru evaluarea eficacității în orice sistem de comunicații.

Tot pe aceeași linie este și studiul elaborat privitor la transmisiunea telefonică cu nivel constant. În acest caz se obține reducerea treptelor de amplitudini și o protecție sporită împotriva perturbațiilor pe linii.

Ideile fundamentale ale acestor studii au fost elaborate de Sergiu Condrea încă din 1928, când teoria informației nu exista ca o disciplină distinctă, urmărindu-se reducerea cantității de semnal și obținerea de comunicații multiple, fără spor de timp sau de frecvențe. Pe această linie se pot menționa brevetele de invenție luate în anul 1928 la Paris, referitoare la "Perfecționări în sistemele de telecomunicații" conținând procedee de comprimare a semnalelor în timp și în frecvență și brevetul de invenție luat în anul 1934 în țară, referitor la un nou sistem de televiziune, cu explorare și transmitere de imagini diferențiale și recepție prin acumularea imaginii integrale.

De asemenea, s-au elaborat studii de sinteză și cercetări speciale asupra entropiei limbii române (I. Constantinescu, S. Condrea, E. Nicolau).

### Repetorul telefonic

Problema amplificrii căilor telefonice a început să fie din nou de actualitate, prin utilizarea intensivă a circuitelor existente în cabluri. Această problemă a format obiectul unor studii în țara noastră, elaborate în diferite epoci. Astfel, încă din anul 1935 - 1936, s-a studiat problema echilibrorului omnibus la repetorii terminali pentru rețele urbane și a echilibrorului individual pentru linii interurbane. În anul 1937 s-au studiat procedee noi de calcul al echilibrorilor de repetor pentru linii omogene și neomogene, iar în anul 1948 s-a elaborat o metodă pentru înlăturarea translatorului și

filtrului de echilibrare din ramura echilibrorului (M. Mânjineanu, S.Condrea, P.Postelnicu).

**Linii de telecomunicaţii**

Liniile de telecomunicaţii reprezintă mijlocul cel mai răspândit pentru transmiterea de informaţii la distanţă prin sisteme telefonice, telegrafice sau fototelegrafice. De aceea, studiul lor este mereu de actualitate şi dezvoltarea lor continuă pune mereu probleme noi ce trebuie rezolvate.

Una din aceste probleme este reducerea influenţei perturbatoare provocată fie de alte circuite de telecomunicaţii, fie de liniile de energie electrică învecinate. Ambele aspecte devin mai acute prin electrificarea ţării şi prin dezvoltarea continuă a reţelelor de linii telefonice.

Pentru liniile aeriene telefonice sistemele de transpunere nu dau totdeauna rezultate satisfăcătoare în ce priveşte reducerea diafoniei între circuite paralele. De aceea s-a studiat configuraţia firelor pe profilul stâlpului standard, în vederea stabilirii poziţiilor optime de diafonie minimă (I. Constantinescu).

**Comutaţia telefonică automată**

Problema circuitelor automate formate din relee şi selectoare comandate de relee, cu aplicaţii la comutaţia telefonică sau la semnalizarea feroviară, a format obiectul unor studii teoretice aprofundate în ţara noastră. S-au studiat metode generale de analiză şi sinteză a schemelor de relee, cu ajutorul algebrei "booleene", stabilindu-se criterii de realizare şi metode de determinare a soluţiei optime, cu minimum de contacte sau în alte condiţii practice (G.Moisil, Gh. Ioanin, L.Livovschi).

Pe linia aplicaţiilor tehnice, s-au studiat soluţii posibile pentru conlucrarea centralei telefonice automate de tip pas-cu-pas cu centrala automată de tip Rotary. (N. Marinescu)

Mai recent s-au studiat şi realizat tipuri noi de centrale automate de bloc, cu numerotare deschisă (colectivul M.Stătescu de la Laboratorul central de telecomunicaţii) şi cu numerotare închisă (N. Lupu, de la Direcţia Telefonie şi Telegrafie din Departamentul Poştelor şi Telecomunicaţiilor).

**Maşini de calculat**

La noi în ţară se studiază atât maşinile digitale cât şi cele analoge.

Maşinile digitale sunt studiate în cadrul Institutului de Fizică al Academiei. S-a construit o maşină cu tuburi electronice. Ea lucrează în sistem binar, cu poziţia fixă a virgulei, la dreapta cifrei semn. Maşina are registre formate din circuite flip-flop şi o memorie magnetică. Numerele sunt formate din cifra semn urmată de 30 cifre binare.

Actualmente se construieşte o a doua maşină perfecţionată. Maşinile analoge sunt studiate de mai multe colective : La Institutul de Energetică, la Institutul Politehnic Bucureşti, la Academia Militară Tehnică, la Institutul de Fizică Atomică.

S-au studiat atât amplificatoarele operaţionale cât şi transformatoarele funcţionale.

S-a studiat utilizarea maşinilor analoge în probleme de simulare a instalaţiilor automate.

**Cibernetica**

Problemele de cibernetică au stârnit un viu interes la noi în ţară.

Ca o direcţie de cercetare în cibernetică se pot cita modelele de sisteme nervoase. Astfel, la Institutul Politehnic Bucureşti s-a realizat un corelator automat, iar actualmente se realizează un model de celule analizoare.

De asemenea trebuie menţionate studiile relative la dispozitive automate pentru stabilirea de propoziţii adevărate în cadrul unor sisteme de axiome.

**Telemăsuri**

Problemele de telemăsuri sunt studiate în cadrul mai multor colective.

Astfel, la I.C.E.T. s-a realizat o serie de televoltmetre, ampermetre, wattermetre, termometre. S-au elaborat atât aparate care să funcţioneze la distanţe mici de ordinul zecilor de

km, cât şi aparate cu impulsuri, pentru distanţe mari.

Printre aparatele de telemăsură şi telesemnalizare trebuie menţionat aparatul de semnalizat depunerea chiciurii pe liniile de transport de energie.

**Semnalizări şi centralizări feroviare**

Problemele specifice de telecomunicaţii feroviare formează obiectul unor studii care merg pe mai multe direcţii.

Astfel, există colective care aplică logica booleeană la schemele de contacte şi relee.

O altă direcţie de studiu este aceea a centralizării electrodinamice cu relee. În această direcţie se lucrează în special în domeniul practic.

De asemenea se studiază sistemele de bloc automat de linie, semnalizarea automată a pasajelor de nivel etc.

Toate acestee cercetări se efectuează în departamentul căilor ferate.

**Ultrasunete**

Problemele de ultrasunete studiate la noi în ţară se referă la diverse aplicaţii atât industriale cât şi biologice.

Astfel, la I.C.E.T. s-a studiat şi s-a realizat un defectoscop, o maşină de găurit şi o maşină de gresat piese, toate cu ultrasunete.

În cadrul IPROCHIM s-a realizat un filtru de aerosoli magnetostrictiv de mare randament. (R.Stere şi colaboratorii, I.Fait).

**Documentarea**

Documentarea în problemele de electronică, şi teelcomunicaţii se poate face astăzi pe baza unor manuale, tratate şi cursuri redactate de autori de la noi din ţară.

Astfel, alături de tratatul clasic al Transmisiunii electromagnetice de Ion Constantinescu, se dispune astăzi de un mare nuăr de lucrări de bază referitoare la: Tuburi şi circuite electronice (T. Tănăsescu, E. Petraşcu), Bazele radiotehnicii (Gh. Cartianu), bazele transmisiunilor pe fir (S.Condrea), Măsurări de înaltă frecvenţă (Edm. Nicolau), Încălzirea prin inducţie de joasă şi înaltă frecvenţă (Chr. Vazaca).

Se dispune de două reviste de specialitate în care se publică lucrări originale şi de sinteză privind problemele moderne de electronică şi telecomunicaţii. Este vorba de revistele "Telecomunicaţii" şi "Automatica şi electronica", ambele reviste A.S.I.T.

În afară de aceste reviste, studii de electronică şi telecomunicaţii apar în alte numeroase periodice ca: Studii şi cercetări de fizică, Buletinul Institutului Politehnic Bucureşti şi altele.

## Concluzii:

Din această expunere rezultă că cercetările tehnice şi ştiinţifice efectuate în electronică şi telecomunicaţii în România pot fi împărţite în patru categorii:

- **1)** cercetări teoretice fundamentale;
- **2)** studii în care se analizează modul de lucru a unor instalaţii şi aparate electronice şi de telecomunicaţii şi se dau metode de proiectare;
- **3)** cercetări legate direct de realizarea unor aparate şi a unor instalaţii;
- **4)** studii de legătură cu probleme tehnologice şi de material.

Se poate spune că s-au pus bazele pentru studii şi cercetări în multe domenii importante. S-a început crearea unor şcoli ştiinţifice cu preocupare comună unui grup de cercetători pentru aceeaşi problemă, au început să se precizeze metodele de cercetare în aceste domenii şi există o serioasă preocupare de a lega cât mai mult cerceările de aplicaţiile practice, totuşi rezultatele sunt departe de a fi mulţumitoare.

Industria cât şi exploatarea suferă de o serie de deficienţe care afectează calitatea producţiei curente. Deseori există tendinţa de a rezolva aceste probleme în mod empiric, prin încercări, şi nu pe baza unor studii şi cercetări prealabile. În electronică şi telecomunicaţii aceste tendinţe sunt mai marcate decât în alte sectoare datorită faptului că această tehnică este destul de tânără

la noi și nu și-a apropiat încă metodele cele mai potrivite de lucru.

Este foarte important ca întreprinderile să-și creeze și să-și dezvolte secțiile de studii și cercetări în legătură cu problemele de producție curentă, dar mai ales în legătură cu problemele tehnologice. În același timp întreprinderile ar trebui să stea într-o legătură de colaborare mai strânsă, și mai eficace, cu institutele de învățământ superior și de cercetări.

Cercetările care se fac la institutele de cercetări și de învățământ superior nu satisfac în general cerințele cele mai stringente ale producției, ele reprezintă de cele mai multe ori problemele de perspectivă sau se referă la problemele speciale. Acest gen de cercetări este totuși de foarte mare importanță. Ele sunt cu atât mai importante în electronică și telecomunicații unde progreasele sunt foarte mari și rapide, lipsa de cercetare științifică în acest domeniu poate atrage după sine o gravă rămânere în urmă și în celelalte ramuri ale tehnicii care sunt atât de legate de electronică. Cercetările făcute până în prezent pot constitui o bază pentru dezvoltarea viitoare dar aportul în sine pe care-l aduc în știință și pentru rezolvarea problemelor din producție nu este satisfăcătoare, atât în ce privește opreocupările, nivelul tehnicii de experimentare, metodele folosite, documentarea, cât și în ce privește legătura cu viața practică. Aceasta se datorește în bună parte faptului că institutele de cercetări și de învățământ superior lucrând în acest domeniu nu sunt dotate cu cele mai noi aparate, instalații și mijloace de cercetare, că cercetătorii nu sunt suficient de experimentați în metodica cercetării teoretice și experimentale și faptului că nu există o legătură suficient de strânsă cu producția.

O lipsă importantă este faptul că domeniul electronicii și telecomunicațiilor este unul din puținele la noi în țară care are un institut specific de cercetări științifice și tehnice depinzând de Academia R.P.R. sau de un departament.

Un asemenea institut ar putea avea un mare rol, atât în realizarea de cercetări cât și în formarea de cadre.

# Cu privire la terminologia tehnică în telecomunicații Articol apărut în revista Telecomunicații nr. 2/1958

*Prof. ing. I. Constantinescu*

**În vorbire**, ca și în multe alte manifestări sociale și culturale, suntem de multe ori sclavii obișnuinței, dobândită mai ales prin spiritul de imitație, fără un cât de mic control din partea rațiunii.

Acest fenomen are poate o scuză la oamenii fără o pregătire intelectuală mai înaintată.

Este însă destul de ciudat să constatăm că în țara noastră, mai mult decât în alte părți, oamenii de știință, inginerii, fizicienii etc., deprinși să raționeze la fiecare pas, nu mai au această preocupare când este vorba de logica în exprimare.

Astfel, sunt fizicieni eminenți care spun potențiale "retardate", ca și cum "întârziate" ar fi altceva dec~t "retardate". Medicii vorbesc la radio despre "grataj", fiindcă scărpinatul ar fi prea vulgar, iar militarii vorbesc despre "breșă" fiindcă spărtura nu ar fi destul de convingătoare.

Tot la radio auzi vorbindu-se de forță motrice (și încă cu accentul pe prima silabă), fiindcă forța motrice ar fi poate pe înțelesul tuturor.

Ca să zicem de peteteriștii noștri care confundă fleșa (pe românește săgeata) cu deschiderea, adică cu distanța dintre stâlpi, atunci când spun : am făcut o transpunere în fleșă.

Care să fie cauza acestei tendințe spre jargon? Desigur că mulți o fac din neștiință, fiindcă așa au auzit pe alții vorbind, iar alții, mai cu pretebții, o fac din snobism spre a oărea interesanți. Cei mai mulți însă o fac din nepăsare, socotind că este totuna și într-un fel și în altul.

Vina aceste stări de lucruri o poartă în primul rând autorii ei și, în al doilea rând, cei care o acceptă și o tolerează.

O bună parte din terminologia tehnică a fost stabilită prin standarde, altă parte s-a introdus prin traducerile din limbi străine.

Din păcate însă, nici în standarde, nici în traduceri, nu s-a putut ajunge totdeauna la expresiile cele mai corespunzătoare, fie din cauza grabei, fie din alte cauze.

În alte țări, organizații similare cu A./S.I.T.-ul din țara noastră au sarcina de a fixa terminologia tehnică prin publicarea unor liste de termeni cu definițiile corespunzătoare pentru orice tehnică nouă în curs de dezvoltare.

Propunerile de terminologie făcute cu aceste liste nu rămân defintive decât după un anumit termen de la apariția lor, în care răstimp toți cei interesați pot face observațiile lor spre a se aduce îndreptările care sunt necesare.

Definitivarea termenilor propuși nu se face decât după acceptarea lor de către Academie sau de Standardizare, după caz.

Întrucât însă în formarea terminologiei sunt unele ontroverse, crăd că este necesar ca ele să fie întâi lichidate, stabilindu-se reguilile care trebuie urmate în fixarea terminologiei.

Această măsură este absolut necesară fiindcă, fără un număr de reguli acceptate de toți, discuțiile ar putea fi interminabile.

Voi încerca deci, în cele ce urmează, să pun în discuție unele puncte de vedere, care ar putea contribui la stabilirea regulilor sus-amintite.

Este, desigur, admis de toată lumea că atunci când în limbaj lipsește cuvântul corespunzător unei noțiuni, și numai atunci, se ia acest cuvând din limba străină în care a apărut prima dată sau din orice altă limbă care ne convine. Aceasta ar fi prima regulă.

Majoritatea acestor cuvinte sunt de fapt universale, fiind formate în general din cuvinte grecești sau latine, sau chiar din inițialele cuvintelor dintr-o frază întreagă. Astfel, se zice

Vogad în loc de "Voice operated gain adjusting device" (dispozitiv pentru ajustarea câştigului, acţionat prin voce).

Întrebarea care se pune aici este următoarea : ce gen trebuie să atribuim cuvintelor tehnice împrumutate din limbi străine?

În trecut s-a atribuit acestor cuvinte genul masculin, spunând la plural: amplificatori, analizori, condensatori, conectori, detectori, defazori, izolatori, oscilatori, redresori etc.

Acum este tendinţa a se zice amplificatoare, conductoare, izolatoare etc.

La formarea acestei tendinţe a contribuit poate şi faptul ca mai toate aceste substantive au şi o formă adjectivală, care cere acordul în gen şi număr cu substantivul pe care-l califică.

Se spune astfel: un corp conductor (izolator) şi o substanţă conductoare (izolatoare), un element redresor, o proprietate redresoare etc.

Faptul că aceste cuvinte au şi formă adjectivală este oare un motiv suficient ca să atribuim genul neutru acestor cuvinte?

Dacă ar fi aşa ar trbui să zicem: un electron, două electroane; un pozitron, două pozitroane, un clistron, două clistroane, fiindcă în româneşte se zice un caston două castroane.

Nu este mai simpli să atribum genul masculin la toate cuvintele tehnice de origine străină ? Ce am putea pierde prin aceasta ?

De fapt, adoptând regula de mai sus facem o excepţie nouă, fiindcă mai sunt şi alte excepţii. Astfel nor, ochelar, merişor (pom) sunt substantive masculine, pe când topor, fomular, foişor sunt substantive neutre, cu toate că au aceeaşi terminaţie ca substantivele masculine precedente. Prin urmare, terminaţia nu este un motiv suficient pentru a atribui genul masculin sau neutru unui substantiv.

Din cele ce preced ar putea rezulta regula următoare: se va atribui genul masculin cuvintelor tehnice împrumutate din limbi străine.

Cu aceasta putem trece la întrebarea următoare:

Este bine oare să dăm cuvintelor împrumutate din alte limbi altă terminaţie decât aceea din limba originară sau este mai bine să lă lăsăm aşa cum sunt?

În trecut s-a spus analizor, conector, detector, defazor, echilibror, redresor etc., păstrându-se terminaţia din limba originară.

De curând au mai apărut cuvinte noi care nu mai urmează regula precedentă. Astfel, a început să se spună stabilizatori, limitatori etc., în loc de stabilizori, limitori etc., aşa cum se spunea în limba originară de unde aceste cuvinte au fost luate.

Dacă această din urmă regulă este cea justă ar trebui să renunţăm la prima regulă şi să spunem: analizatori, conectori, redresori etc.

De ce nu am spune atunci şi profitatori în loc de profitori ?

În tehnica tranzistorilor a apărut cuvântu "donor", pe care unii vor să-l facă donator, pentru a-i da o terminaţie mai românească.

În tendinţa de a româniza cuvintele străine schimbăm însă şi sensul lor, fiindcă analizor, stabilizator etc. este de ovicei persoana care face o analiză ori o stabilizare, pe când analizorul sau stabilizorul este aparatul ori dispozitivul cu ajutorul căruia se face o analiză sau o stabilizare.

Regula simplă ar fi să lăsăm cuvintele aşa cum le-am luat din limba străină, ţinând seama şi de faptul că multe dintre ele au formaţie artificială, aşa cum sunt cuvintele: Vogad, Vocoder, Compander, Expander etc. şi că toate celelalte au o semnificaţie sonvenţională şi, ca atare, nu au nevoie să sune româneşte.

Cu aceasta s-ar putea formula regula următoare: cuvintele împrumutate din limbi străine vor păstra terminologia din limba originară.

Pe lângă regulile de mai sus ar mai fi de examinat şi unele expresii necorespunzătoare.

Astfel, prin tradiţie, se spune în câteva limbi distorsiune de frecvenţă, înţelegându-se prin aceasta distorsiunea care în documentele CCIF (acum CCITT) este denumită distorsiune de atenuare.

Expresia de distorsiune de frecvenţă este un non sens, fiindcă pe de o parte frecvenţa nu este distorsionată, iar pe de altă parte, nu numai distorsiunea de atenuare dar şi cea de fază sunt funcţii de frecvenţă.

Altă observaţie se referă la expresia de potenţial vector, cu toate că în cazul produsului se spune produs vectorial şi nu produs vector. Grşeala semnalată provine dintr-o traducere greşită, fiindcă în expresia vector potenţial, vector product, din limba engleză, cuvântul vector pus înaintea unui substantiv este adjectiv.

Este cazul s spunem câteva cuvinte în legtură cu întrebuinţarea, uneori neîndrepştăţită, a prepoziţiei "de".

Astfel, se spune de multe ori impedanţă de sarcină, linie de abonat, post de abonat, în loc de

impedanţa sarcinii, linia abonatului, postul abonatului.

A spune linia sau postul abonatului nu înseamnă că linia şi postul sunt proprietatea abonatului, ci că sunt date numai în folosinţa lui.

A spune însă linie de abonat sau post de abonat este ca şi cum am spune masă de lemn sau pahar de apă. Lemnul este materialul din care este făcută masa, iar apa este conţinutul paharului, dar abonatul nu este nici material nici conţinutul liniei sau al postului.

Tot cam aşa vine când spunem impedanţa de intrare, intensitatea de intrare, nivelul de intrare sau de ieşire. Mai potrivită este, după autorul acestor rânduri, expresia: impedanţa la intrare sau la ieşire, iar în cazul lanţurilor de cvadripoli - impedanţă la jumătate serie sau la jumătate derivaţie, fiindcă propoziţia "la" arată cel puţin locul unde se face măsurarea impedanţei, pe când prepoziţia "de" arată mai puţin acest lucru. De asemenea, se vede că tensiunea sau nivelul la intrare sau ieşire sunt expresii mai potrivite decât tensiunea sau nivelul de intrare.

Se va spune însă impedanţă de transfer fiindcă aceasta nu este măsurată într-un singur punct.

Un cuvânt foarte des folosit şi rezervat în mod exclusiv pentru cabluri este "pozarea cablurilor". Obişnuinţa joacă şi aici un rol covârşitor fiindcă nimic nu este mai greu de dezrădăcinat decât o deprindere căpătată prin obişnuinţă.

Ce să facem însă cu logica, care ne spune că după ce am pozat cablul în şanţ trebuie să-l protejăm contra loviturilor pozând cărămizi peste el. Căci logic este aşa, dacă pozăm cablul, de ce să nu pozăm şi cărămizile, fiindcă aşa spun francezii şi pentru cablu şi pentru fire şi pentru izolatori şi pentru cărămizi. De ce atunci privilegiul de a fi pozat a rămas rezervat numai penmtru cablu.

Cred însă că privind lucrurile mai serios se poate ajunge,cu puţină bunăvoinţă, la înţelegerea să se spună: punem cablu în şanţ, întindem cablu pe o linie aeriană, montăm cablu pe pereţii unei clădiri, tragem cablu în conductele unei canalizaţii şi cu aceasta s-ar pune punct expresiei aşa de periferice cum este pozarea. Odată formată obişnuinţa de a spune punem cablu în şanţ, nimănuia nu i se va mai părea curios atunci când aude vorbindu-se românește.

Este evident că mai sunt multe alte observaţii de făcut în privinţa modului cum vorbim, dar scopul acestui articol a fost numai să provoace un început de discuţie în privinţa terminologiei tehnice.

După definitivarea câtorva reguli în vederea întocmirii unei terminologii se va putea proceda la publicarea listelor de termeni pe domenii cu definiţiile lor, spre a fi supuse examenului celor interesaţi.

Această procdură ar putea fi generalizată şi adoptată şi de celelalte reviste A.S.I.T., unde credem că aceeaşi necesitate se face simţită.

Interesant ar fi să avem şi părerea cititorilor în această privinţă.

# Realizări şi perspective în radioastronomie

*Prof.dr.ing. Alexandru - Ştefan D. Preda* *

**Radioastronomia** este un sistem de telecomunicaţii, fundamentat în principal pe recepţia undelor electromagnetice de origine cosmică.

În România, primele înregistrări ale radiaţiei surselor naturale extraterestre au fost realizate începând din 1975 la Observatorul Astronomic din Iaşi, în banda 150 - 153 MHz. În 1984 la Facultatea de Electronică şi Telecomunicaţii din Institutul Politehnic din Bucureşti au fost realizate înregistrări ale fluxului radio solar în benzile 608 - 614 MHz şi 1,42 GHz.

În 1984 a fost finalizat "Studiul privind realizarea în ţară a unei antene parabolice tip Cheia ca radiotelescop" de către Institutul de Cercetări şi Proiectări tehnologice în Telecomunicaţii.

Comitetul Naţional Romând de Astronomie, CNRA, din cadrul Academiei Române a decis în 1990 constituirea Comisiei de Radioastronomie. În acelaşi an s-a încheiat o convenţie de colaborare între Institutul Astronomic al Academiei Române şi Facultatea Electronică şi Telecomunicaţii în scopul intensificări cercetării ştiinţifice în domeniul Radioastronomiei, al pregătirii viitorilor ingineri specialişti şi al realizării unor instalaţii necesare acestei discipline ştiinţifice.

În 1995 Universitatea Politehnică din Bucureşti aprobă înfiinţarea Centrului de Radioastronomie Terestră şi Spaţială, CRATS, cu 24 de membrii fondatori, cadre didactice din Facultatea Electronică şi Telecomunicaţii.

În prezent este realizat un radiotelescop la Institutul Astronomic al Academiei Române, în banda 10 - 11 GHz. În cadrul contractului de cercetare - dezvoltare, CRATS - MCT, Ministerul Cercetării şi Tehnologiei, a fost realizat, în comisia 17 a Agenţiei Spaţiale Române, un al doilea radiotelescop în aceeaşi bandă, 10 - 11 GHz, în laboratorul Radioastronomic al CRATS.

Pentru studiul şi realizarea acestor instalaţii, sunt antrenaţi doctoranzi, fizicieni şi ingineri.

Direcţiile principale de cercetare ale Radioastronomiei în ţara noastră sunt: studiul radiaţiilor surselor extraterestre, atât în regiuni spectrale largi, cât şi în domenii spectrale înguste în scopul determinării proprietăţilor fizice, a compoziţiei chimice, a interacţiunii şi evoluţiei obiectelor cereşti. De asemenea, sunt în studiu probleme ale tehnologiei în domeniul undelor milimetrice şi submilimetrice necesare în echipamentele sateliţilor şi ale staţiilor de recepţie terestre.

Una din direcţiile de cercetare ale Radioastronomiei este şi studiul semnalelor extraterestre în cadrul SETI (Search for Extra-Terrestrial Intelligence).

Aceste studii sunt necesare pregătirii specialiştilor români care într-un viitor apropiat vor colabora şi vor lua parte la activitatea de pe sateliţii specializaţi, realizaţi pentru cercetarea spaţiului extraterestru.

* Facultatea Electronică şi Telecomunicaţii, U.P.B.

# TELECOMUNICAȚII

E6748 FF
8 000000 539861

KÖZLEKEDÉSI INFORMÁCIÓS KÖNYVTÁR 1983

● RADIOCOMUNICAȚII ● TELEFONIE ● TELEGRAFIE ● TRANSMISIUNI DE DATE

● ȚELEVIZIUNE ● ELECTROACUSTICĂ ● POȘTĂ

ANUL XXIV
**Nr. 4/1997**
București ● România

MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖNYVTÁR 1883

# Telecomunicații

Apare trimestrial sub îngrijirea:

*Institutului Național de Studii și Cercetări pentru Comunicații*

*Universității Politehnica București*

*ROMTELECOM Centrul de Instruire și Documentare*

*ISSN 1223 - 6527*

**CONSILIUL DIRECTOR:**

**Ministrul Comunicațiilor:**

**SORIN PANTIȘ**

**Silviu AGAPI,**
**Adelaida MATEESCU,**
**Ioan STĂNCIULESCU,**
**Dumitru ANGHELESCU,**
**Ștefan MOLINARU,**
**Ioan CONSTANTIN,**
**Marin DRĂGULINESCU,**
**Nicolae MĂZGĂREANU,**
**Constantin ȘERBĂNESCU,**
**Alexandru Ștefan D. PREDA,**
**Viorica POPESCU.**

**Redactor șef: Gudov CONSTANȚA**
**Redactor științific: Alexandru Ștefan D. PREDA**
**Tehnoredactare computerizată: Monica LAZAREC**
**Editare texte: Emiliea STOICULESCU**

**NUMĂRUL 4 / 1997**

## CUPRINS

1. ***Paul Svasta, Norocel Dragoș, I. Codreanu***
Automatizarea proiectării electronice. Considerații generale ( Partea I ). **3**

2. ***Constantin Bălan***
Gama dinamică a amplificatoarelor de bandă largă. **10**

3. ***Eduard C. Popovici, Eugen Borcoci Laurențiu A. Vasile, Dan I. Mușat***
Quality of Service Specification in Distributed Multimedia Applications. **14**

4. ***Dănuț I. Marcu***
Metode de estimare a matricelor punct cu punct. **23**

5. ***Martin Aurora***
Oscilatoare de putere clasa E. **24**

6. ***N. Dumitru, L. Stanciu, A. Mateescu***
A new method for design of maximally flat digital hilbert transformers. **33**

7. ***Ovidiu Radu***
Prezentarea cărții: **40**

8. ***Constantin R. Drogoreanu, Daniel Niculescu***
Invertor cu modulație PWM - Walsh cu eliminarea selectivă a conținutului armonic în tensiunea de ieșire. **41**

**REVISTA TELECOMUNICAȚII**

**ÎN ATENȚIA AUTORILOR !**

*Textul unui articol, împreună cu figurile, figurile-foto și tabelele ce-l însoțesc, va cuprinde maxim 15 pagini A4 dactilografiate la două rânduri, pe hârtie albă, pe o singură față a filei.*

*Formulele se vor scrie clar, la mașină sau cu șablon cu tuș negru, conform STAS 1508-81 și Dicționarului limbii române.*

*Figurile și tabelele se vor executa la imprimantă laser (Laser Printer), pe calc, cu dimensiunile maxime: lățime 17cm și înălțime 23cm. Figurile foto vor fi clare, cu efecte de contrast pronunțate, ilustrând ideile din text.*

*Figurile, figurile-foto și tabelele prezentate separat de text, vor fi numerotate în ordinea prezentării în text și vor fi însoțite de borderourile corespunzătoare, dactilografiate pe pagini separate, care vor cuprinde numărul figurii (figurii-foto sau tabelului), titlurile și legendele.*

*Figurile, figurile-foto și tabelele vor fi indicate în text, în mijlocul unui rând nescris, cât mai aproape de textul corelat.*

*Fiecare articol va fi însoțit de cuvinte cheie și un rezumat în limbile română, engleză și franceză, care va cuprinde maxim șase rânduri dactilografiate.*

*Articolul va conține bibliografia folosită, dactilografiată pe o pagină separată de text conținând numele autorului, titlul articolului, titlul cărții sau revistei cu paginile corespunzătoare, editura, orașul și anul apariției. Când lucrarea citată a fost tradusă în limba română, titlul se scrie în traducere, dar cu mențiunea că lucrarea a fost tradusă, și din ce limbă.*

*Predarea la redacție a articolului se face în două exemplare.*

*Răspunderea corectitudinii pentru redactarea finală revine autorului.*

*Conform regulilor editoriale, articolele publicate în revistă nu se mai înapoiază autorului.*

*Articolele, întocmite potrivit regulilor de mai sus, se transmit d-lui prof. Alexandru Ștefan D. Preda, Facultatea Electronică și Telecomunicații, Bd. Armata Poporului nr.1, telefon: 410 54 00, int. 307, 442 sau 145.*

*Colegiul de redacție*

## SOMMAIRE


**1. Paul I. Svasta, Norocel Dragoș, I. Codreanu**

*L'aytomation de conception electronique. Consideration generaux.*

La vrai revolution en electronique develope sur troi directions: (CAE, CAD, CAM) c'etait cristalise sur le concept general, entierement accepte par les specialistes sur le nom d'automation de la projection electronique.

**2. Constantin Bălan**

*La gamme dynamique des amplificateurs de bande large.*

Pour un recepteur radio qui fonctionne dans les conditions d'une situation électromagnétique difficile, le plus important paramètre est la gamme dynamique, défine après les critères différent de non-linéarité.

Dans cet article nous analisons la gamme dynamique apres les critères des distorsions harmonique et des intermodulations. Ici sont présentés les relations pour la détermination de la gamme dynamique et quelques conclusions utiles le proces de conception des etages de bande large qui forment le preselecteur du recepteur.

**3. Eduard Cristian Popovici, Eugen Borcoci, Laurențiu Aurelian Vasile, Dan Iulian Mușat**

*La gestion de la qualite du service en applications multimedia distribuees.*

Les applications multimedia distribuees necessitent nouvelle qualites pour les systemes de transport, les systemes d'exploitation et pour les bases de donnees. Le concept de parametre de la qualite du service (QoS) a ete introduit pour la caracterisation des services aux differentes niveaux. L'article presente la problematique de la QoS: les besoins des applications multimedia, les definitions et les parameters de la QoS, l'architecture et la gestion de la QoS, la specification et la translation des parameters QoS. En fin il est presente un exemple de translation des parameters QoS.

Mots clef: application multimedia distribuee, qualite du service (QoS), parametre de la QoS, architecture de la QoS, gestion de la QoS, specification de la QoS, translation de la QoS.

**4. Dănuț I. Marcu**

*Méthodes pour les prévisions du trafic.*

Dans ce travail, nous présentons, d'une manière très simple, la méthode de double facteur transformation, et celle-ci des trafics unitaires, pour les prévisions du trafic [1].

**5. Martin Aurora**

*Oscillateurs de puissance classe E.*

Mots clefs : oscillateur, commutation, tension, curent, facteur d'amplification de puissance.

Dans ce papier on present un oscillateur de classe E dont le schema provient de celui de l'amplificateur classe E et aussi le calcul de ses elements composants. Apres ca on detuit le facteur d'amplification de puissance du transistor en utilisant le modele du controle par charge pour le dispositif qui fonctionne en commutation.

**6. Neculai H. Dumitru, Lucian C. Stanciu, Adelaida E. Mateescu**

*Une nouvelle méthode de calcul des transformateurs numériques maximum plats de Hilbert.*

L'article présente une nouvelle méthode pour le calcul dîun transformateur numérique de Hilbert, réalisé par un filtre de phase linéaire avec réponse finie á l'impulse. On utilise l'approximation maximum plate de la caractéristique amplitude-fréquence et on des formules compactes pour l'évaluation des coefficients. Les résultats théoretiques sont illustrés par des exemples.


## CONTENTS


**1. Paul I. Svasta, Ing. Norocel Dragoș, I. Codreanu**

*The Automation of electronic Design.General Consideration*

Due to three directions that have created a real revolution in the electronic industry during the past decade, CAD, CAE, CAM, the concept of automation of electronic design has been developed and generally accepted by the specialists in this field.

**2. Constantin Bălan**

*Dynamic Range of the Wide Band Amplifiers.*

For a radio receiver functioning in difficult electromagnetic environment, the most important parameter is the dynamic range, defined after different non-linearity criteria.

This paper analyses the dynamic range with respect to the harmonic distortion criterion and to the intermodulation distortion criterion. Are presented the relations that lead to the determination of the dynamic range and some useful conclusions for the design of the wide band stages that are forming the receiver's preselector.

**3. Eduard Cristian Popovici, Eugen Borcoci, Laurențiu Aurelian Vasile, Dan Iulian Mușat**

*Quality of Service Specification in Distributed Multimedia Applications.*

Keywords: distributed multimedia application, quality of service (QoS), QoS parameter, QoS architectures, QoS management, QoS specification, QoS mapping.

Distributed multimedia applications require new qualities from transport systems, operating systems and databases. The concept of quality of service (QoS) parameters was introduced to characterize services on different levels. This paper surveys the QoS issues : multimedia applications requirements, QoS definitions and parameters, QoS architecture and management, QoS parameters specification and mapping. Finally a QoS parameters mapping example is presented.

**4. Dănuț I. Marcu**

*Methods for estimating point traffic matrices.*

The aim of this short note is to present, in a computer programmable form, the double factor transformation method and the method of unit traffics, which are often used in the forecasting streams associated with individual exchanges [1].

**5. Martin Aurora**

*Class E power oscillators.*

Key words: oscillator, switching, voltage, current, power amplification coefficient

This paper presents a class E oscillator which diagram comes from that of the class E amplifier as the calculation of its components. Then it shows the deduction of the power amplification coefficient of the transistor using the model of the control by load for the device that operates in switching conditions.

**6. Neculai Dumitru, Lucian Stanciu, Adelaida E. Mateescu**

*A new method for design of maximally flat digital Hilbert Transformers.*

Keywords: linear phase filter, maximally flat approximation, Hilbert transformer, recurrence relations.

An original design method of the maximally flat digital Hilbert transformers is presented. Compact relations, with a high degree of generality, for the design of the linear phase FIR (Finite Impulse Response) Hilbert transformers are obtained. This type of design is very efficient for Hilbert transformers of high accuracy around the normalised franquency $\omega = \pi / 2$ . A computer program based on this method was elaborated. Some illustrative examples and plots are given.

**7. Constantin Rădoi, Valentin Drogoreanu, Daniel Niculescu**

*Pulse Width Modulation - Walch Inverter with selected harmonic elimination in output voltage.*

In this paper is presented a new pulse width modulation (PWM) technique, based on the Walsh functions, to obtain higher performances than those obtained using classical PWM (sinusoidal, square, etc.). In this way is obtained the improvement of the command algorithms for PWM invertes, used in the supply of the telecommunications equipament' s and computers, etc.

We have started from the theoretical paper belonged to F. Swift and A. Kamberis [1], and have obtained a computing algorithm. This algorithm was used to realize a three phase inverter driven with an IBM computer. The performances of the inverter thus obtained, was checked using the practical implementation and also with PSpice simulation.

# Automatizarea proiectării electronice Consideraţii generale - Partea I -

*Prof.dr.ing. Paul I. Svasta*

*Ing. Norocel Dragoş, I. Codreanu*

*Cuvinte cheie: automatizarea proiectării electronice, CAE, CAD, CAM, lanţ tehnologic, fabricaţie asistată de calculator, postprocesări, bucle integrate de reacţie.*

*Rezumat: Datorită celor trei direcţii (CAE, computer aided engineering, CAD, computer aided design şi CAM, computer aided manufacture) ce au creat în ultimul deceniu o adevărată revoluţie în industria electronică, s-a cristalizat conceptul general, unanim acceptat de specialiştii în domeniu, denumit în mod condensat "automatizarea proiectării electronice". Lucrarea îşi propune să prezinte aspecte generale legate de tehnicile de realizare cu ajutoul calculatorului a modulelor electronice.*

## 1. Introducere

**Marea varietate** a sistemelor şi echipamentelor electronice prezentate în aproape toate domeniile de activitate ale omului modern precum şi complexitatea ridicată a celor mai multe dintre ansamblele şi subansamblele de acest tip au impus necesitatea abordării într-o manieră cvasiexhuastivă a problemelor legate de proiectarea, fabricarea, punerea în funcţiune, testarea şi întreţinerea produselor electronice. Din punct de vedere al conducerii firmelor este necesar ca soluţiile adoptate de compartimentele tehnice în fazele de cercetare - proiectare, inginerie tehnologică, fabricaţie, etc., să fie optime sau cât mai aproape de optim. Astfel produsul trebuia obţinut în urma parcurgerii unui lanţ tehnologic unitar, cât mai compact ca arie de răspândire şi, evident, cât mai ieftin.

Conceptul de lanţ a prins contur odată cu înţelegerea şi aprofundarea teoriilor legate de abordarea riguroasă a întregii mulţimi a paşilor individuali care pornesc de la cercetarea primară, trec prin fazele de construcţie a echipamentelor, crearea de documentaţie tehnică pentru produs sau realizarea de postprocesare şi se sfârşesc cu fabricaţia propriu-zisă, punerea în funcţiune şi testarea întregului echipament.

În figura 1 pot fi observate etapele principale ale lanţului tehnologic primar de fabricaţie (2). Rezolvarea într-un mod corect, şi nu în ultimul rând rapid a lanţului cercetare-proiectare-fabricaţie-testare a condus în ultimul timp la o explozie în ceea ce priveşte implicarea tehnicii de calcul.

Pornind cu timiditatea inerentă a ultimului intrat în joc, calculatorul a reuşit să devină în numai câţiva ani un solist de prim ordin al marii scene ce o reprezintă mapamondul. Şi, dacă la început el nu reuşise să satisfacă toate gusturile, cu timpul a ajuns nu numai o unealtă necesară ci chiar un adevărat prieten de nădejde al cercetătorului sau proiectantului; un prieten care nu oboseşte, care nu se plictiseşte, şi care poate primi, fără nici o ezitare, un job pe care să-l execute în perioade mai puţin convenabile lucrului (noaptea sau de vineri după-amiază până luni dimineaţa).

Astfel, firmele din întreaga lume au înţeles puţin câte puţin excepţionala importanţă a prezenţei calculatorului în cadrul majorităţii etapelor fluxului tehnologic de fabricaţie din figura 1 (2). În această figură au fost marcate cu "*" casetele în care

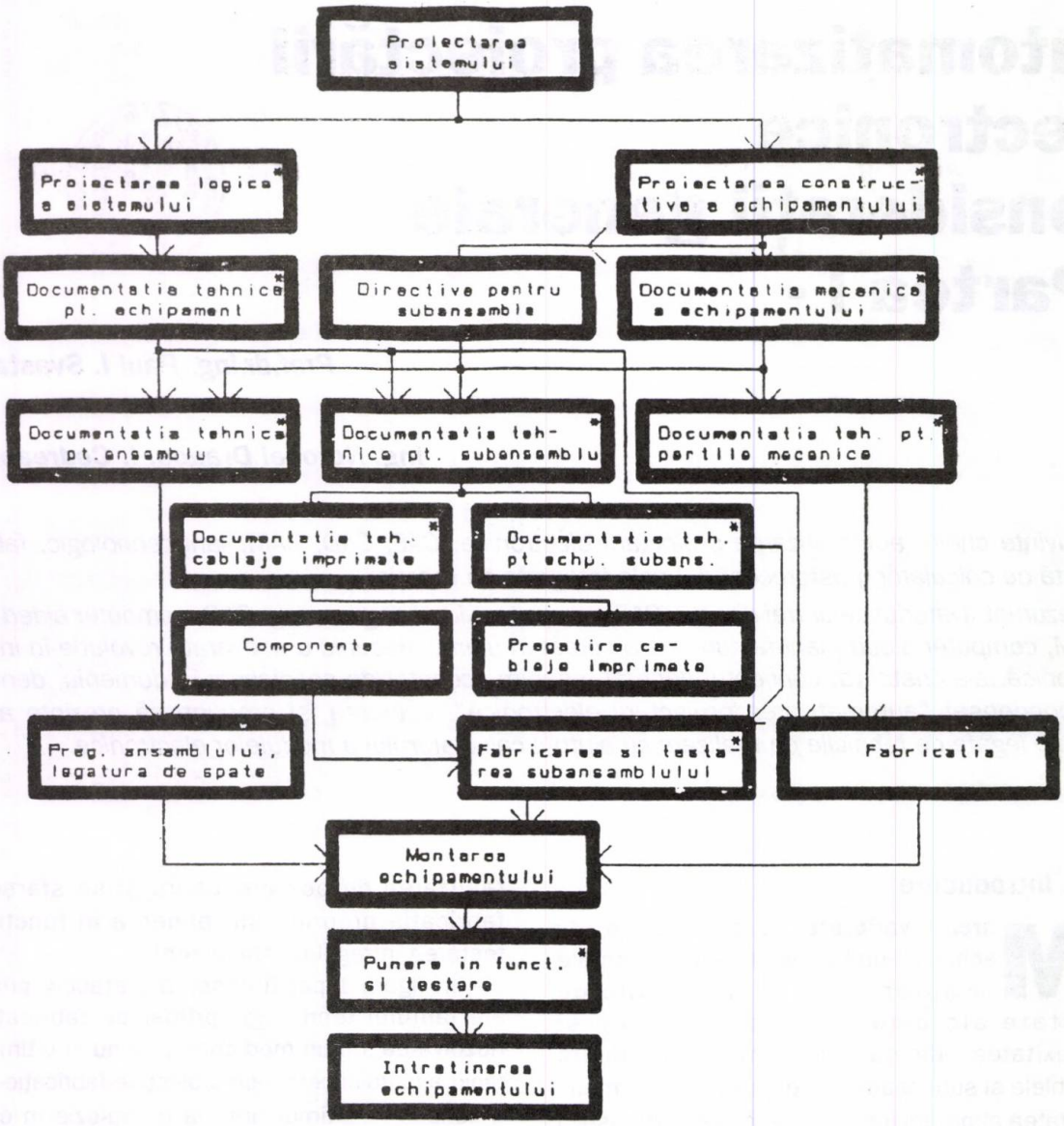


Figura 1 - Lanțul tehnologic primar de fabricație.

prezența tehnicii moderne de calcul a devenit o necesitate de prim ordin.

## 2. Conceptul de proiectare tehnologică integrată

Au apărut în timp trei concepte ce au creat o adevărată revoluție în industria electronică: CAE (computer aided engineering), CAD (computer aided design) și CAM (computer aided manufacture). Cu ajutorul lor s-a cristalizat conceptul general, unanim acceptat de specialiștii în domeniu, numit în mod condensat "proiectarea asistată de calculator" (1). Odată cu conștientizarea necesității proiectării asistate de calculator în electronică, firmele de soft au demarat marea bătălie a realizării de soft performant pentru calculatoarele implicate în lanțul tehnologic. Rezultatul a fost extrem de benefic pentru industrie deoarece foarte multe firme de prestigiu în domeniul soft-ului au pus la dispoziția utilizatorilor programe de elaborare în schemele electrice și de proiectare a structurii de interconectare, de simulare la nivel de schemă, de simulare a unei scheme electronice ținând cont și de implicațiile structurilor pasive de interconectare, de analiză a integrității semnalelor transmise pe linii, de analiza tehnică a componentelor, a plăcii sau chiar a întregului sistem, de postprocesare a diferitelor tipuri de fișiere obținute.

În figura 2 este prezentată o schemă bloc simplificată a unui lanț complet de proiectare asistată de calculator în domeniul electronicii, cu accent pe proiectarea structurilor de interconectare (5).

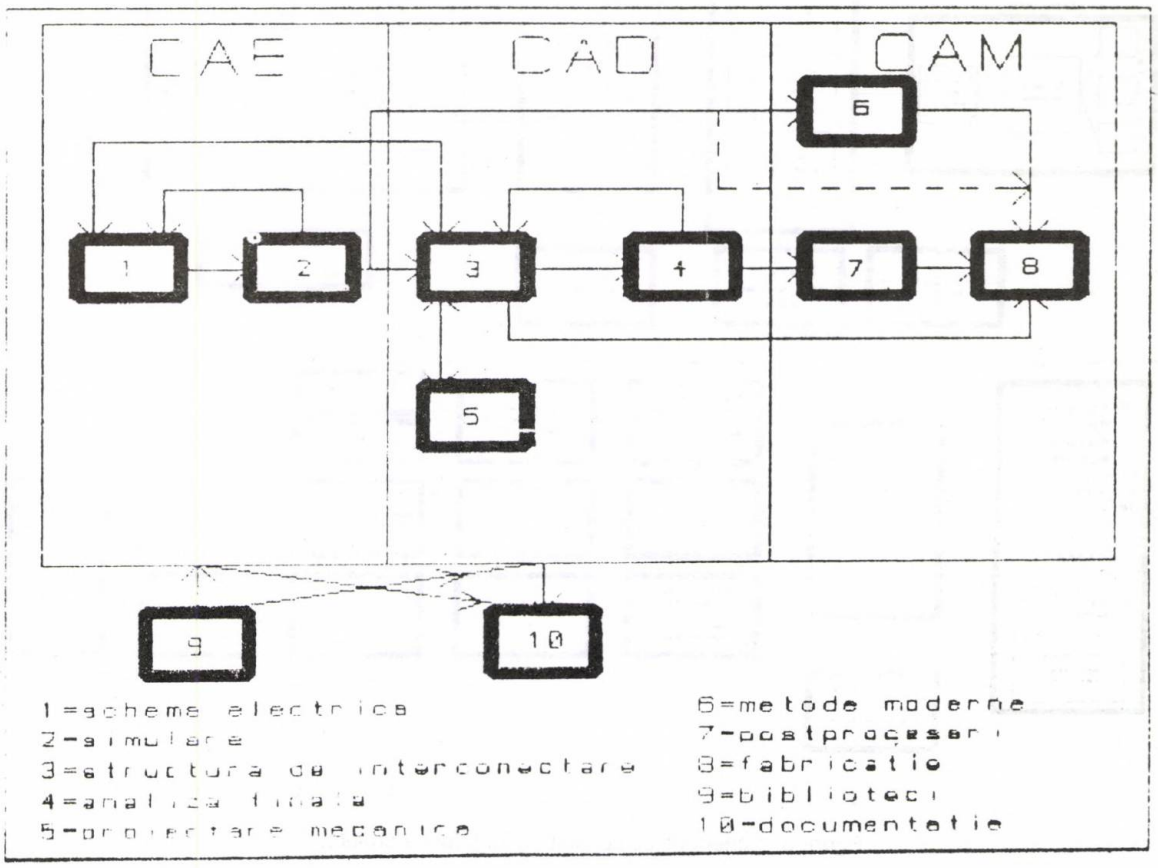


Figura 2 - Schema bloc simplificată a unui lanț de proiectare asistată de calculator în domeniul electronicii.

În această figură pot fi remarcate cele trei mari domenii din cadrul proiectării cu ajutorul calculatoarelor. Se observă că pentru a lucra în mod corespunzător sistemele de proiectare au nevoie de un număr de biblioteci care să poată oferi utilizatorului elementele primare începerii lucrului.

Un mare avantaj îl prezintă și obținerea automată a documentației complete privind echipamentul proiectat. Astfel, prelucrarea clasică manuală a schemelor sau structurilor, prelucrare plictisitoare, dar în special cronofagă, a fost înlocuită de o prelucrare completă și de scurtă durată executată cu ajutorul calculatorului.

Finalizarea în blocul CAD a structurii de interconectare pentru diversele ansamble sau subansamble permit trecerea spre sisteme de proiectare mecanică, sisteme ce realizează proiectarea mecanică completă a echipamentului și crearea documentației tehnice necesare execuțării părților mecanice. Blocul CAM cuprinde etapele de postprocesare a fișierului "atacarea" mașinilor unelte ce realizează placa cu structura de interconectare, programe ce comandă microcalculatoare înglobate în sistemele de echipare automată a plăcilor de cablaj imprimat, de testare a subansamblelor și ansamblelor sau chiar de localizare și depanare a blocurilor, subblocurilor sau componentelor defecte.

O astfel de viziune integrată a proiectării, a dus la o reconsiderare a celor trei concepte enumerate anterior (CAE, CAD, CAM) într-unul singur, oferind în plus și avantajul de a specifica din start că este vorba despre o proiectare integrată, unitară a sistemelor electronice. În literatura de specialitate acest concept este cunoscut sub numele de "Integrarea automatizării proiectării electronice".

În acest sens se vorbește de un mediu integrat de proiectare, specific lui fiind eliminarea practicilor existente încă în unele locuri de a transfera diferitele etape de proiectare datele "off line". Astfel spus, după proiectarea schemei electrice toate celelalte activități ce urmează (simulare, plasare, rutare, analiză de semnal, analiză termică, etc.) au loc printr-un transfer de fișiere realizat pe baza unei instrucțiuni (comenzi) de program. Acest avantaj al mediului integrat este și mai evident **în** cazul eventualelor modificări ce rezultă în fazele ulterioare proiectării electrice modificări ce trebuie

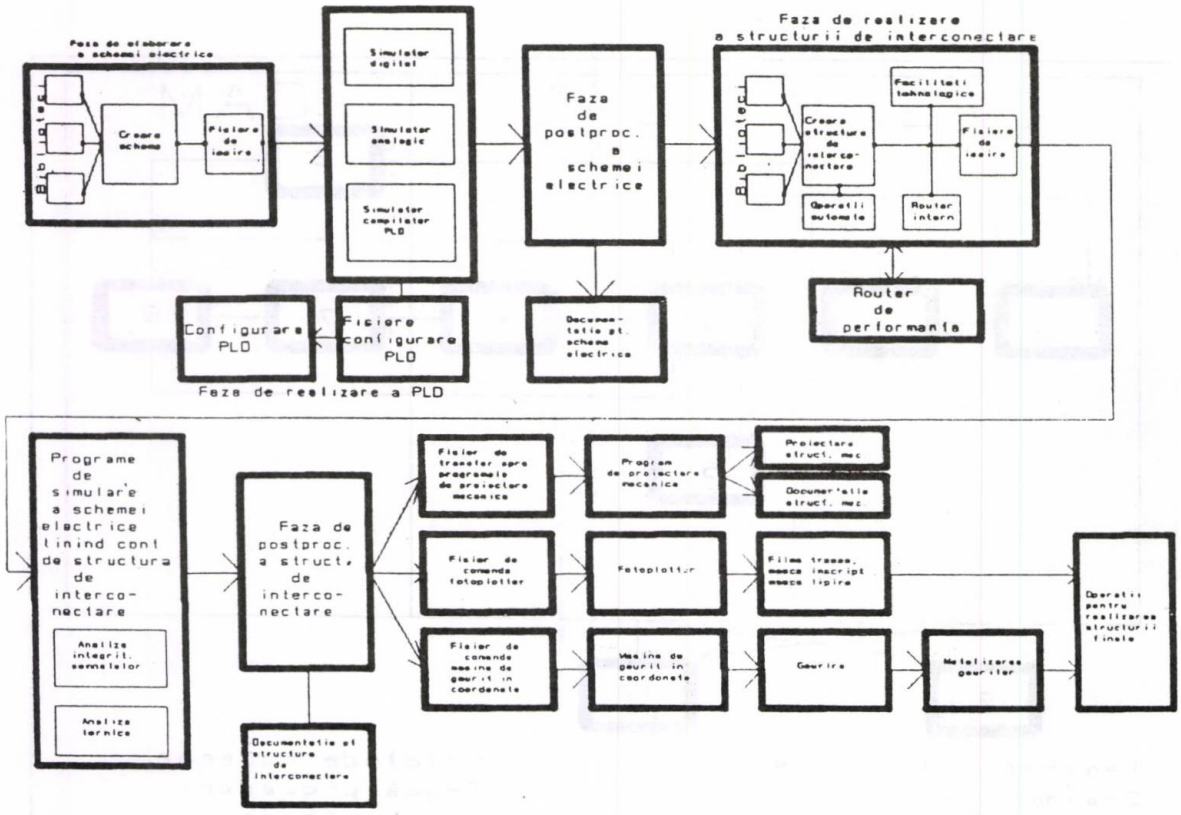


Figura 3 - Schema bloc detaliată a lanţului de proiectare

Figura 3 - Schema bloc detaliată a lanţului de proiectare.

să actualizeze schema iniţială. Se are în vedere conceptul de "Back Annotation".

Experienţa acumulată de colectivul de tehnologie electronică asistată pe calculator de la catedra Tehnologie electronică şi fiabilitate din cadrul Facultăţii de Electronică şi Tc., evidenţiază avantajele multiple oferite proiectării electronice de către mediul integrat de automatizare a proiectării. Printre acestea pot fi amintite:

- reducerea la minim a factorului uman în introducerea de date cu repercursiuni benefice asupra erorilor de manipulare de date;
- posibilitatea abordării sincrone a segmentelor implicite în asimilarea de produse;
- o întrepătrundere a responsabilităţilor din etapele de proiectare;
- reducerea substanţială a duratei globale de proiectare;
- diminuarea considerabilă a costurilor;
- facilităţi în colaborarea celor implicaţi în activităţile de marketing - cercetare - dezvoltare - proiectare - fabricaţie - service - aprovizionare - management.

Schema bloc din figura 2 reprezintă un punct de plecare pentru înţelegerea schemei bloc detaliate, prezentată în figura 3. Această figură oferă o serie de date concrete legate atât de blocurile de proiectare în sine, cât şi de feed - back-urile care sunt realizate în vederea unei proiectări fără greşeli şi în concordanţă cu principiile tehnologice.

Prima fază în cadrul proiectării computerizate despre care este vorba în lucrarea de faţă o reprezintă faza de elaborare a schemei electrice. Această fază prezintă o importanţă deosebită deoarece poate fi comparată cu o rampă de lansare. O lansare corectă duce în marea majoritate a cazurilor la o continuare în aceiaşi manieră. O lansare eronată duce cu siguranţă la compromiterea întregii activităţi ulterioare. Date fiind pagubele extrem de mari pe care faza de elaborare a schemei electrice le poate produce prin propagarea în întregul lanţ a unor inexactităţi primare, proiectantul pe calculator trebuie să aibă o deosebită grijă pe parcursul întregii faze.

Lucrul cu diversele programe performante de tip CAD existente pe piaţă la ora actuală implică însă o studiere prealabilă a posibilităţilor pe care acestea le oferă din punctul de vedere al bibliotecilor. În general ele se împart în 3 mari clase: biblioteci de

simboluri, biblioteci de componente fizice şi biblioteci de capsule.

Pentru o mai bună înţelegere trebuie să specificăm faptul că o componentă fizică reprezintă atât o reuniune a noţiunilor de simbol şi capsulă, cât şi un fişier ce cuprinde date utile în legătură cu diverşi pini, cu posibilităţi de swap - are ale unor articole care se repetă în cadrul circuitului descris, etc. În cazul unui program cu biblioteci bogate nu se mai pierde timp cu crearea de simboluri (componente, capsule, etc.). În plus, bibliotecile de firmă prezintă şi garanţia calităţii articolelor obţinute. După această fază urmează faza de simulare a schemei create. În funcţie de schemă se pot utiliza simulatoare analogice sau digitale. Programele performante conţin şi un bloc special destinat simulării şi compilării fişierelor schematice în vederea configurării ariilor şi dispozitivelor logice programabile (PLA şi PLD, FPGA). În urma configurării se obţin circuite integrate dedicate aplicaţiilor specifice pentru care au fost realizate.

Din etapa de simulare apare un feed-back spre schemă, necesar în eventualitatea găsirii unor greşeli de funcţionare primară (funcţionare ideală a schemei ideale). Din această primă buclă se iese numai în condiţiile în care reluarea tuturor simulărilor oferă în final "undă verde".

Următoarea fază extrem de importantă pentru buna funcţionare a lanţului tehnologic este cea legată de operaţiile de postprocesare a fişierului schematic. În urma ei rezultă atât fişierele de transfer spre faza de realizare a structurii de interconectare cât şi documentaţia completă pentru faza de elaborare a schemei electrice. Implicarea calculatorului într-o astfel de fază oferă garanţia calităţii execuţiei pentru tot lanţul până în acest punct.

Fişierele de transfer obţinute sunt considerate a fi fişiere de date iniţiale pentru faza care urmează, cea de realizare a structurii de interconectare. Una dintre cele mai importante etape ale lanţului tehnologic de realizare computerizată a produsului electronic, această fază permite obţinerea rapidă şi exactă a structurilor pasive ce realizează conectarea componentelor active sau pasive între ele. Ca şi în cadrul blocului schematic, acest bloc are nevoie de o bibliotecă bogată de capsule ale componentelor şi dispozitivelor folosite. Marea majoritate a programelor performante conţin o serie întreagă de facilităţi tehnologice şi de lucru ce permit specialistului o îmbunătăţire a activităţilor de rutină şi o creştere a performanţelor de natură tehnologică. De exemplu, s-a ajuns în ziua de azi la o rezoluţie de proiectare de 100 nanometri, lucru de neînchipuit în urmă cu un deceniu.

Facilităţi importante sunt şi cele ce au permis proiectarea în domeniul semnalelor analogice, în înaltă frecvenţă, în microunde sau în domeniul circuitelor de mare putere sau de lucru în impulsuri. Complexitatea schemelor a condus la necesitatea executării automate a unor operaţii care altfel ar fi fost mari consumatoare de timp. Acestea sunt: plasarea, rutarea, postprocesările, verificările finale privind spaţierea sau listele de transfer (6). În ceea ce priveşte rutarea automată trebuie din start făcută deosebirea între router-ele interactive livrate odată cu pachetul de programe şi router-ele superperformante ce formează un bloc separat. În majoritatea cazurilor router-ul interactiv face parte din programul de bază. El este extrem de util pentru trasări de mică sau de medie complexitate, putând face operaţiile necesare pentru o conexiune, un arbore, o fereastră de lucru sau pe întreaga placă. În situaţiile foarte complicate se apelează la pachetul separat de autotrasare, pachet ce garantează o rezolvare de 100% a job-ului. Ca algoritmi se folosesc Lee, Lee-modificat, Lee-Acker, Bloodhound, etc.

## 3. Simulări ale produsului virtual. Postprocesări finale

Rezultatul fazei de trasare a conexiunilor şi de respectare a restricţiilor tehnologice îl reprezintă fişierele de transfer spre următoarea fază, cea de simulare a funcţionării echipamentului electronic ţinând cont de implicaţiile electrice ale prezenţei structurilor de interconectare. Astfel, programe ca "Polaris" permit o analiză a integrităţii semnalului transmis în cadrul echipamentului. Foarte utile sunt şi programele de analiză termică (ex: "Betasoft") care permit studierea încărcării termice a unei plăci electronice în funcţiune prin simularea pe calculator a fenomenelor care ar avea loc în realitate. Alte blocuri ale programelor de acest tip oferă proiectantului instrumente soft puternice şi în domeniul analizei termice a componentelor privite în mod separat sau a sistemelor electronice în ansamblu.

Informaţiile obţinute sunt extrem de utile deoarece proiectantul poate constata apriori dacă configuraţia din acel moment al plăcii este convenabilă din punct de vedere termic sau nu. Un răspuns negativ în acest caz nu face decât să creeze o mică reacţie spre faza de proiectare a

structurii de interconectare, cu localizare exactă pe operaţia de plasare. Astfel ar fi stat lucrurile în cazul în care programul de analiză termică ar fi lipsit: placa ar fi fost creată, echipată, pusă în funcţiune şi abia atunci făcută constatarea că relieful termic este neconvenabil. Evident, pierderi de timp, de material, de bani şi de ce nu, cheltuieli suplimentare în ceea ce priveşte procedurile de epurare a apelor reziduale, de recuperare a diverselor elemente din băile pentru operaţii chimice, costuri suplimentare pentru protecţia ecologică. Iată principalul motiv pentru care faza de simulare a configuraţiei finale-fard a schemei electrice constituie o celulă de bază în tehnologia computerizată actuală.

După simulare urmează imediat faza de postprocesare a fişierelor de tip placă, fază în care are loc pregătirea fabricaţiei cablajului imprimat. În urma operaţiilor ce au loc se obţin fişiere specializate de comandă pentru fotoplottere şi maşini de găurit în coordonate sau pentru transferul spre programele de proiectare asistată de calculator a structurilor mecanice din echipament (carcasă, panou frontal, sertare, dulapuri).

Acestea (ex: "Autocad", "CADDY", "Junior", etc.), desăvârşesc din punct de vedere mecanic proiectarea produsului. Astfel, alături de documentaţia de natură electrică obţinută în urma blocurilor SMC şi PCB proiectantul poate oferi beneficiarului şi o documentaţie mecanică adecvată, cu desene tehnice perfect cotate, cu vederi în spaţiu sau proiecţii în plan, cu posibilitatea unor modificări ulterioare facile, fără să mai fie necesară anevoioasa şi plictisitoarea muncă (de rutină) de desenare a unor planşe sau figuri ale unor ansamble sau subansamble mecanice.

Revenind la proiectarea structurilor electrice, continuăm specificând că în urma fotoplotării se obţin filmele necesare pentru straturile de semnal sau alimentare, filmul măştii de inscripţionare sau cel al măştii de lipire (4). Cu fişierul (banda) de găurire se comandă maşina de găurit în coordonate, în urma căreia se obţine placa (plăcile) de cablaj imprimat având găurile practicate. O operaţie de finete care poate fi şi ea controlată de computer este metalizarea găurilor de trecere între straturile electrice ale structurii proiectate. Etapele formează un sublanţ tehnologic care, dacă ne gândim la importanţa unui proces de neutralizare corect în contextul fiabilităţii întregului echipament, îşi are partea sa, deloc neglijabilă, de responsabilitate. Etapele sublanţului sunt în număr de cinci, după cum urmează:

1. după găurirea propriu-zisă, dezobturarea, perierea, curăţarea;
2. degresarea;
3. activarea I ;
4. activarea II ;
5. depunerea galvanică a cuprului (aproximativ 1 $A/dm^2$, 40 ... 60 min).

După acestea au loc operaţiile finale pentru obţinerea cablajului imprimat. Pot fi folosite în acest caz filme cu imagine pozitivă sau negativă. Mai întâi are loc depunerea unei cerneli de protecţie la coroziune sau a unui lac protector apoi, dacă este cazul, depunerea galvanică a unui metal sau aliaj metalic rezistent la corodare. Urmează, bineînţeles, faza cea mai importantă, corodarea şi, în final, o eventuală acoperire cu lac de protecţie prin pensulare, pulverizare sau vălţuire. După cum trebuie remarcat, lanţul de proiectare asistată de calculator se referă în special la tehnologia de tip substractiv şi nu aditiv (situaţia în care se foloseşte un suport izolat neplacat). Lanţul tehnologic de fabricaţie poate fi descris până în acest punct şi de schema logică cu bus-uri din figura 4.

După realizarea cablajului imprimat urmează faza de pregătire a sa în vederea plantării componentelor. Echiparea cu componente se poate executa şi manual dar, în ultimul timp, şi în special în cazul tehnologiei de montare pe suprafaţă a componentelor (3), ea a căpătat tot mai mult o formă ce ne-a făcut, nu o dată, să ne gândim că viitorul a început ... ieri. Metodele de plasare complet automată au permis, graţie supervizării de către calculator a întregii etape, o eliminare a omului din acest sector de rutină în care oboseala îşi pune deseori amprenta calităţii şi fiabilităţii produselor.

Şi în faza de punere în funcţiune sau testare, încărcarea în calculator a unor programe specializate care să comande sisteme electronice, cu deplasare pe cele trei axe de coordonate, ce permit culegerea de informaţii prin sondare în diverse puncte, a crescut productivitatea muncii şi a înlocuit operatorul, oferindu-i acestuia posibilitatea de a se opune la alte activităţi ce nu pot fi executate, încă, de calculator.

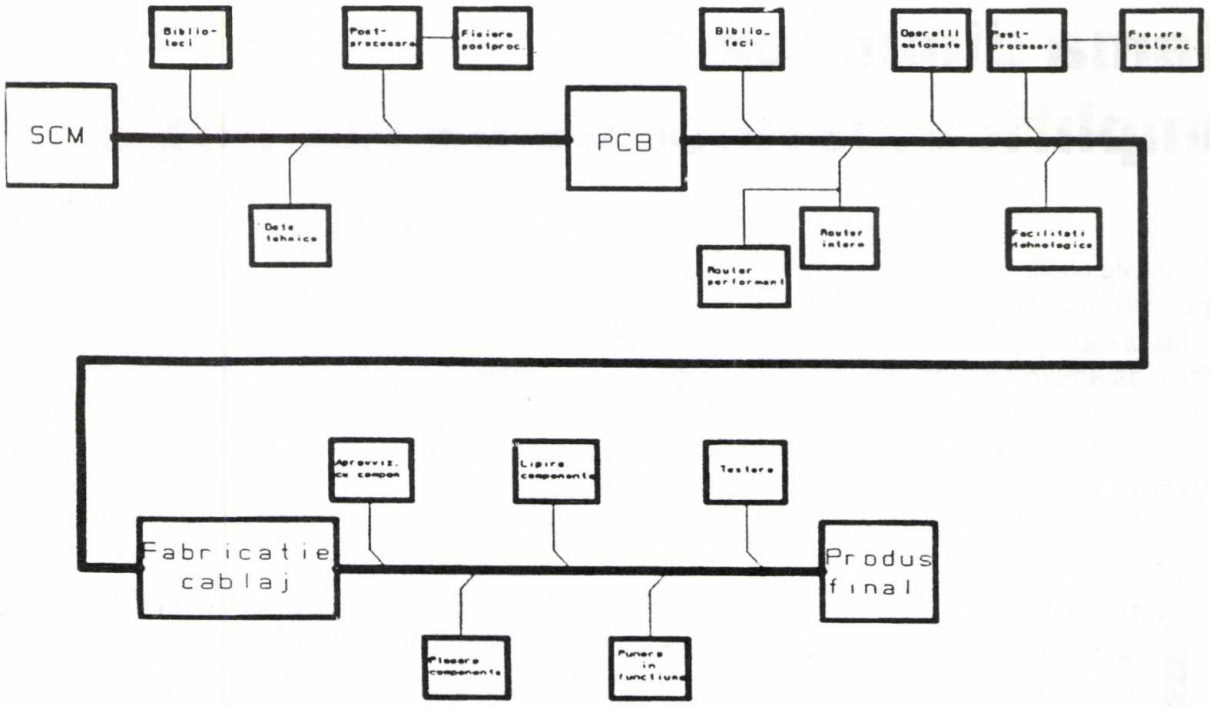


Figura 4 - Lanţ tehnologic de fabricaţie descris printr-o schemă logică cu bus-uri.

## 5. CONCLUZII

Existenţa unui mediu ce include instrumente soft care asigură integrarea proiectării subansamblelor electronice contribuie la accelerarea activităţilor estimate fabricării produselor.

Marele avantaj al mediilor integrate de tip "on-line" este acela că, în condiţiile în care datele iniţiale sunt introduse în mod corespunzător iar schema echipamentului ce trebuie proiectat este realizată corect din punct de vedere electric, sursele de apariţie şi propagare a erorilor se reduc spectaculos, putându-se afirma că greşelile de proiectare în cadrul etapelor lanţului tind să devină nule. Nu acelaşi lucru se întâmplă cu sistemele "off-line" unde, datorită punctelor multiple de introducere a datelor, probabilitatea de apariţie a erorilor creşte îngrijorător de mult. Acesta este motivul pentru care mediile integrate de vârf în proiectarea tehnologică a sfârşitului de mileniu sunt medii "on-line" cu algoritmi performanţi şi cu interfeţe cu utilizatorul din ce în ce mai "prietenoase".

Persoanele interesate în dezvoltarea propriului mediu integrat de proiectare electronică automată pot contacta autorii la telefonul 4105400/int. 138 sau 4116674, atât pentru prezentarea mediului integrat de care dispunem cât şi pentru consultanţă, autorii stau celor ce doresc, la dispoziţie cu plăcere.

## BIBLIOGRAFIE

[1.] Vincet S., Mazur P., Integrierte Design Automation Gemeinsaimens Sonderheft der Zeitschriften Electronik Industrie und Productronic, Alfred HÜttig Verlag 1991, p. 4 - 12.

[2.] Cătuneanu V., Svasta P., Tehnologie electronică, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti,1984.

[3.] *** Von der Improvisation zur Planung Productronic nr. 4/1993, Alfred HÜttig Verlag.

[4.] Svasta P., ş.a. - Tehnologia subansamblelor, Îndrumar de laborator IPB, Bucureşti, 1986.

[5.] Svasta P., Codreanu N.D., ş.a. - Tehnici CAD de realizare a schemelor electronice, suport de curs şi laborator, UPB, Bucureşti, 1995.

[6.] Svasta P., Codreanu N.D., ş.a. - Proiectarea asistată de calculator a structurilor de interconectare, suport de curs şi laborator, UPB, Bucureşti, 1995.

# Gama dinamică a amplificatoarelor de bandă largă

*Conf. dr. ing. Constantin Bălan* *

*Cuvinte cheie: receptoare radio; preselector; amplificator de bandă largă; gama dinamică; criteriul distorsiunilor armonice; criteriul distorsiunilor de intermodulație.*

*Rezumat: Pentru un receptor radio ce funcționează în condițiile unei situații electromagnetice dificile, parametrul cel mai important al acestuia și al etajelor sale este gama dinamică, definită după diferite criterii de neliniaritate.*

*În acest articol ne propunem să analizăm gama dinamică după criteriul distorsiunilor armonice și al distorsiunilor de intermodulație, prezentând relațiile de determinare a acesteia, precum și unele concluzii utile în procesul de proiectare al etajelor de bandă largă din compunerea preselectorului receptorului.*

## I. Introducere

**În condiții** reale de funcționare, situația electromagnetică din punctul de recepție se modifică considerabil, dinamica semnalelor și perturbațiilor de la intrarea receptorului putând atinge 140dB. Acest lucru poate determina perturbarea recepției semnalului util prin canale neliniare de recepție, care apar datorită proceselor neliniare din preselector.

Neliniaritatea etajelor din structura receptorului poate determina apariția distorsiunilor armonice, a distorsiunilor de blocare, de modulație încrucișată și de intermodulație. Pentru a analiza simultan proprietățile neliniare și de zgomot ale unui etaj sau ale receptorului în ansamblul său, se folosește, de regulă, parametrul gamă dinamică D.

Gama dinamică a oricărui etaj este limitată superior de proprietățile neliniare ale acestuia, conform criteriului de neliniaritate analizat, iar inferior de proprietățile de zgomot. Cunoscând gama dinamică a unui etaj din structura receptorului, definită după un anumit criteriu de neliniaritate, putem lua măsuri de adaptare a acestuia la gama dinamică a semnalelor și perturbațiilor de la intrarea sa, pentru a reduce probabilitatea de perturbare a recepției semnalului util.

În acest articol ne propunem să prezentăm rezultatele unor studii asupra gamei dinamice a etajelor de amplificare de bandă largă, utilizate în preselectorul unui receptor radio, materializate în relații de determinare a gamei dinamice după criteriul distorsiunilor armonice și al distorsiunilor de intermodulație, precum și unele concluzii utile în procesul de proiectare al acestor etaje.

## II. Gama dinamică după criteriul distorsiunilor armonice

Gama dinamică definită ca raport de puteri, pentru distorsiuni neliniare armonice de ordinul doi și respectiv trei, se poate determina cu una din relațiile [1]:

$$D_2 = \frac{2K_{a2adm}^2 G_{11}}{kTB_eFA_o^2} \cdot \frac{(1+\xi)^4}{\left[1+\xi(1-F_1)\right]^2}, \quad (1)$$

$$D_2 = \frac{2K_{a3adm} G_{11}}{kTB_eFB_o} \cdot \frac{(1+\xi)^4}{\left|(1+\xi)^2 - \xi(1+\xi)C_1 + \xi^2 F_2\right|} \quad (2)$$

unde $K_{a2adm}$, $K_{a3adm}$ - coeficienții distorsiunilor neliniare armonice admise, de ordinul doi și respectiv trei; $k$ - constanta lui Boltzman; $T$ - temperatura absolută a mediului; $B_e$ - banda echivalentă de zgomot a etajului; $F$ - factorul de zgomot al etajului; $A_o$, $B_o$, $C_1$, $F_1$, $F_2$ - parametri neliniari dinamici ai tranzistorului [1]; $\xi = R_g G_{11}$ - parametru ce depinde de rezistența generatorului de semnal $R_g$ și conductanța de intrare a tranzistorului $G_{11}$.

Vom analiza în detaliu fiecare din aceste relații pentru etaje ce folosesc tranzistoare bipolare. În acest caz, gama dinamică pentru distorsiuni neliniare de ordinul doi, exprimată în decibeli va fi:

$$D_2[\text{dB}] = 10\log\frac{2K_{a2adm}^2}{kTB_e} + 10\log G_{11} - 20\log|A_o| + 10\log\left|\Psi(\xi)\right| \quad (3)$$

unde am făcut notația:

$$\Psi(\xi) = \frac{(1+\xi)^4}{F(\xi)\left[1+\xi(1-F_1)\right]^2} \quad (4)$$

Considerând:

$$K_{a2adm} = 3\,\%\,;\; B_e = 10\,KHz\,;\; kT = 4 \cdot 10^{-21}\ \text{Ws},$$

rezultă:

$$D_2[dB] = 137 + 10\log G_{11} = 20\log|A_o| + 10\log\Psi(\xi) \quad (5)$$

* Academia Tehnică Militară

Pentru gama dinamică determinată după criteriul distorsiunilor armonice de ordinul trei, considerând $K_{a3adm} = 1\ \%$, obținem:

$$D_3\,[\,dB\,] = 157 + 10 \log G_{11} - 10 \log |B_o| + 10 \log \Phi(\xi), \quad (6)$$

unde:

$$\Phi(\xi) = \frac{(1+\xi)^4}{F(\xi)\left|(1+\xi)^2 - \xi(1+\xi)C_1 + \xi^2 F_2\right|} \quad (7)$$

Pentru a studia modul de variație al gamei dinamice în funcție de regimul de funcționare al etajului, trebuie să cunoaștem expresia parametrilor neliniari dinamici ai tranzistorului bipolar. În cazul unui amplificator de putere realizat cu un tranzistor bipolar pentru care $G_{11} = 5mS$; $G_{21} = 35mS$, folosind notația $\lambda_1 = G_{mix2} K_p$, unde $G_{mix2}$ - parametrul neliniar de mixare al tranzistorului; $K_p$ - coeficientul de transfer în putere al etajului, obținem [1]:

$$A_o = 20\left(1 - 5 \cdot 10^{-2} \cdot \lambda_1 \cdot \frac{(1+\xi)^2}{\xi}\right); \quad (8)$$

$$B_o = 400\left[\frac{2}{3} + 5 \cdot 10^{-2} \cdot \lambda_1 \frac{(1+\xi)^2}{\xi} - 25 \cdot 10^{-4} \cdot \lambda_1^2 \frac{(1+\xi)^4}{\xi^2}\right]$$

În cazul unui amplificator de tensiune, considerând $G_{11} = 5mA$; $G_{21} = 35mS$ și notând $\lambda_2 = G_{mix2} K$, unde $K$ - coeficientul de transfer în tensiune, avem [1]:

$$A_o = (1 - 1{,}43 \cdot \lambda_2 (1+\xi)); \quad (9)$$

$$B_o = 400\left[\frac{2}{3} + 0.29 \cdot \lambda_2 \cdot (1+\xi) - 0.29^2 \cdot \lambda_2^2 \cdot (1+\xi)^2\right]$$

În ambele situații [1]:

$$F_1 = \frac{20}{A_o}; \; C_1 = 1 + 3\frac{A_o}{20}; \; F_2 = 40\frac{A_o}{B_o} \quad (10)$$

Pentru factorul de zgomot al etajului vom folosi expresia [1]:

$$F(\xi) = \frac{F_{min} - \gamma}{2\,\xi_{opt}} \cdot \xi + \xi_{opt} \cdot \frac{F_{min} - \gamma}{2} \cdot \xi^{-1} + \gamma, \quad (11)$$

unde $F_{min}$ - factorul de zgomot minim al etajului; $\xi_{0opt}$ valoarea lui $\xi$ corespunzătoare factorului de zgomot minim; $\gamma \equiv 1 + 2R_z G_{11}$, unde $R_z$ - rezistența de zgomot a tranzistorului. Vom considera în continuare $F_{min} = const. = 2$, $\xi_{0opt} = const. = 0.5$.

## III. Gama dinamică după criteriul intermodulațiilor

Gama dinamică a unui etaj, definită după criteriul intermodulațiilor de ordinul doi $D_{11}$ sau trei $D_{21}$, poate fi determinată ca raportul dintre amplitudinea perturbațiilor de la intrarea sa ($U_{mp11}$, respectiv $U_{mp21}$), de la care produsele de intermodulație de la ieșire conduc la distorsionarea inadmisibilă a semnalului util și sensibilitatea limită a etajului respectiv. Prin urmare, pentru intermoduilațiile de ordinul doi avem [1,3]:

$$D_{11} = \frac{U_{mp11}}{E_{lim}} = \frac{\sqrt{E_S K_{11adm}}}{E_{lim}^2 y_2} \quad (12)$$

iar pentru intermodulațiile de ordinul trei:

$$D_{21} = \frac{U_{mp21}}{E_{lim}} = \frac{\sqrt{4 E_S K_{21adm}}}{3 E_{lim}^3 y_3} \quad (13)$$

unde $E_S$ - nivelul semnalului util la intrarea etajului, $E_{lim}$ - sensibilitatea limită a acestuia [2] ($E_{lim} = \sqrt{4kTB_eFR_g}$), $K_{11adm}$, $K_{21adm}$ - coeficienții distorsiunilor admise, datorate intermodulațiilor de ordinul doi respectiv trei, iar $y_2$ și $y_3$ - parametrii relativi de neliniaritate de ordinul doi și respectiv trei ai etajului [1,3]. Din relațiile (12) și (13) observăm că, din punct de vedere al intermodulațiilor gama dinamică a etajului depinde de nivelul semnalului util de la intrarea sa, datorită caracterului aditiv al acestor distorsiuni. Prin urmare, cazul cel mai defavorabil, pe care îl vom lua în considerare în cele ce urmează, corespunde situației în care nivelul semnalului util este egal cu sensibilitatea limită a etajului $E_S = E_{lim}$. În aceste condiții vom obține:

$$D_{11} = \sqrt{\frac{K_{11}}{E_{lim} y_2}} = \frac{\sqrt{K_{11}\sqrt{G_{11}}}}{A_o\sqrt{4kTB_e}} \cdot \frac{(1+\xi)^2}{\sqrt{\xi F(\xi)}\,[1+\xi(1-F_1)]}; \quad (14)$$

$$D_{21} = \sqrt[3]{\frac{4K_{21}}{3E_{lim}^2 y_3}} = \sqrt{\frac{K_{21}G_{11}}{3kTB_eB_o}} \cdot \frac{(1+\xi)^4}{F(\xi)\,\xi\left[(1+\xi)^2 - \xi(1+\xi)C_1 + \xi^2 F_2\right]} \quad (15)$$

Considerând $K_{11} = K_{21} = 1\ \%$, $B_e = 10\ KHz$ și $kT = 4.10^{-21}$, gama dinamică după criteriul intermodulațiilor de ordinul doi, exprimată în decibeli, devine:

$$D_{11}\,[dB] = 59 + 10 \log G_{11} - 20 \log |A_o| + 10 \log |\Psi(\xi)| - 10 \log \xi, \quad (16)$$

unde $\Psi(\xi)$ se determină din (4).

În aceleași condiții, pentru gama dinamică după criteriul intermodulațiilor de ordinul trei vom obține:

$$D_{21}\,[dB] = 93 + \frac{20}{3} \log G_{11} - \frac{20}{3} \log |B_o| + \frac{20}{3} \log |\Phi(\xi)| - \frac{20}{3} \log \xi, \quad (17)$$

unde $\Phi(\xi)$ se determină din (6).

Parametrii neliniari dinamici, pentru tranzistoare bipolare, se determină ca și în cazul anterior,

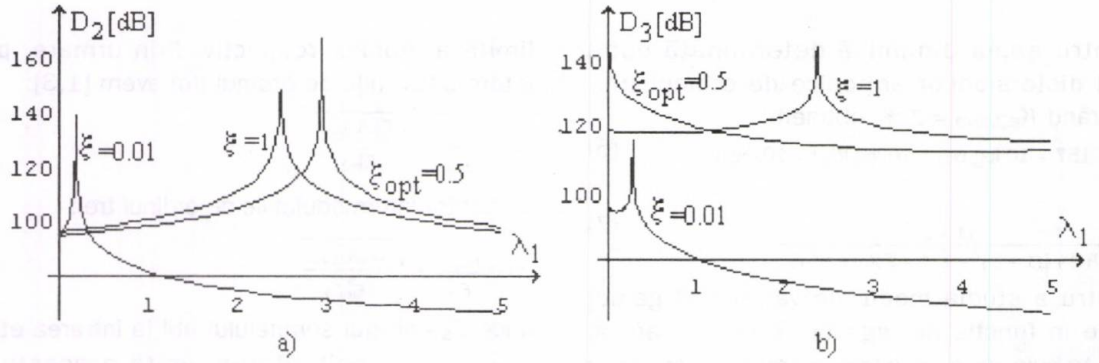


Fig.1 - Gama dinamică a amplificatoarelor de putere după criteriul distorsiunilor armonice a) de ordinul doi; b) de ordinul trei.

folosind relațiile (8) - (10), iar factorul de zgomot al etajului folosind relația (11).

## IV. Interpretări și concluzii

Din cele prezentate mai sus rezultă că, gama dinamică a unui etaj de amplificare, indiferent de criteriul pe care îl luăm în considerare, depinde, pe de o parte de parametrii liniari și neliniari ai elementului activ folosit, iar pe de altă parte de regimul de funcționare și excitare al acestuia.

În practică se folosesc câteva tipuri specifice de excitare a amplificatoarelor și anume: regimul de excitare în tensiune, când $\xi = 0$ ; regimul de adaptare, când $\xi = 1$ și regimul optim de dezadaptare, corespunzător unui factor de zgomot minim, când $\xi = \xi_{opt}$ . În cele ce urmează vom analiza, pentru regimurile menționate, modul de variație al gamei dinamice după criteriile analizate anterior, în funcție de valoarea parametrilor $\lambda_1$ *sau* $\lambda_2$ . Pentru $G_{mix2} = const.$, obținem variația în funcție de valoarea coeficientului de transfer al etajului.

Folosind relațiile de mai sus s-au obținut graficele prezentate în figurile 1-4. Din analiza acestora rezultă că, regimul optim de dezadaptare nu asigură implicit și o gamă dinamică mare, de aceea, alegerea regimului de funcționare are o foarte mare importanță practică, el trebuind corelat cu alte cerințe ce se impun receptorului.

Din fig. 1 și fig. 2 observăm că, pentru amplificatoarele în putere cel mai indicat este regimul de adaptare și regimul optim de dezadaptare, indiferent de criteriul de neliniaritate analizat. Pentru aceste regimuri de excitare există o valoare optimă a coeficientului de transfer, pentru care distorsiunile de neliniaritate sunt minime (teoretic se anulează), iar gama dinamică maximă.

În cazul excitării în tensiune a unor astfel de amplificatoare, gama dinamică scade rapid odată cu creșterea coeficientului de transfer al amplificatorului (vezi curbele corespunzătoare lui $\xi = 0.01$ ).

Pentru regimul de adaptare, se poate constata că, atât în cazul distorsiunilor de ordinul doi cât și al celor de ordinul trei, indiferent de natura lor, valoarea optimă a coeficientului de transfer, la care aceste distorsiuni vor fi minime, coincide. Din aceste considerente, pentru amplificatoarele în putere, atunci când nu se impune obținerea unui factor de zgomot minim, cel mai indicat este regimul de adaptare.

Din punct de vedere al valorilor ce se obțin pentru gama dinamică, cele mai mari probleme vor apare din cauza distorsiunilor datorate intermodulațiilor. De reținut însă că, aceste distorsiuni au un caracter aditiv, gama dinamică fiind determinată pentru sensibilitatea limită a etajului. O creștere a nivelului semnalului util la intrare va determina o creștere corespunzătoare a gamei dinamice pentru astfel de distorsiuni.

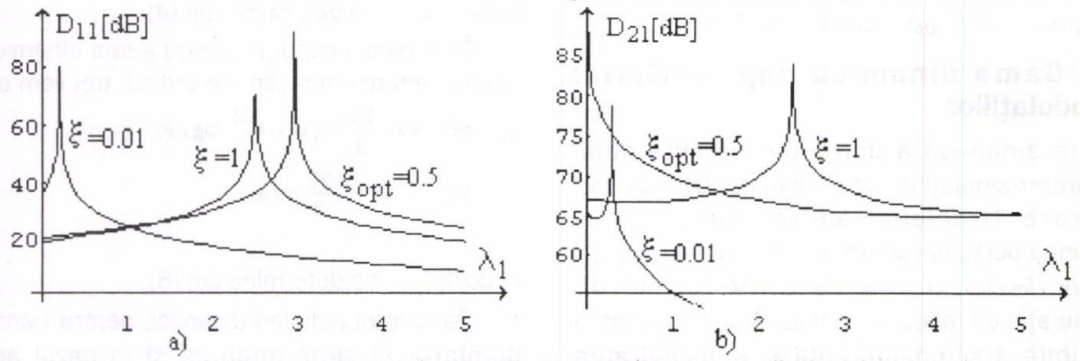


Fig.2 - Gama dinamică a amplificatoarelor de putere după criteriul distorsiunilor de intermodulație a) de ordinul doi; b) de ordinul trei.

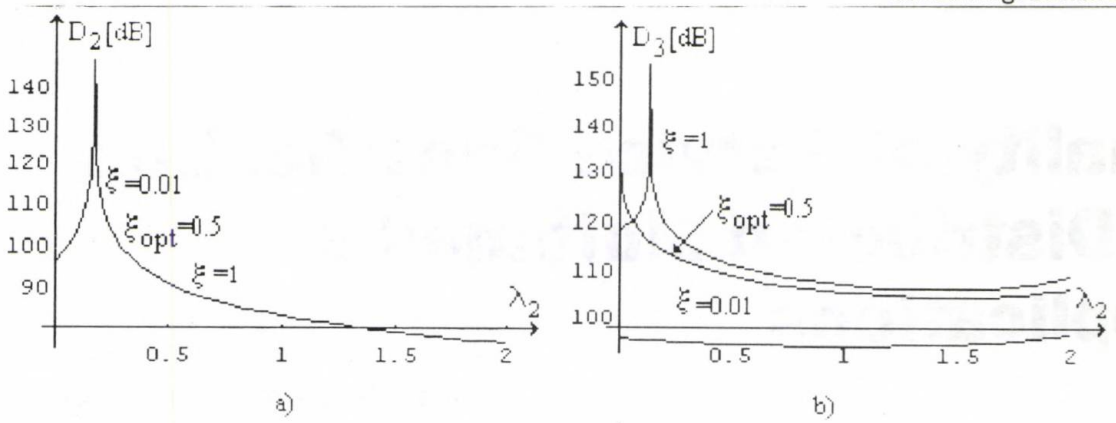


Fig.3 - Gama dinamică a amplificatoarelor în tensiune după criteriul distorsiunilor armonice a) de ordinul doi; b) de ordinul trei.

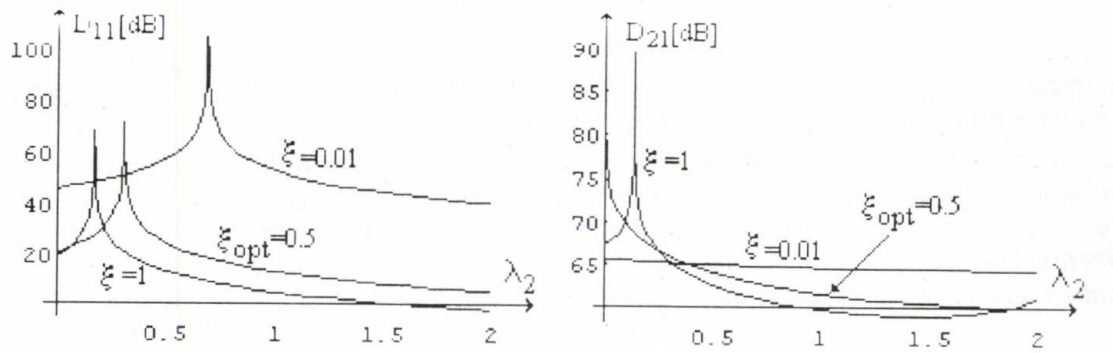


Fig.4 - Gama dinamică a amplificatoarelor în tensiune după criteriul distorsiunilor de intermodulație a) de ordinul doi; b) de ordinul trei.

În fig. 3 și fig. 4 sunt prezentate graficele corespunzătoare amplificatoarelor în tensiune.

Din analiza acestor grafice rezultă că, pentru amplificatoarele în tensiune regimul optim de excitare variază în funcție de tipul de distorsiuni luate în considerare. Astfel, pentru distorsiunile armonice de ordinul doi, regimul de excitare practic nu are nici o influență, pentru distorsiunile de intermodulație de ordinul doi, cel mai indicat este regimul de excitare în tensiune, pe când, pentru distorsiunile de ordinul trei, la o primă analiză, cele mai indicate sunt regimul de adaptare și cel de dezadaptare optimă. Însă, pentru intermodulațiile de ordinul trei, regimul de excitare depinde de valoarea parametrului $\lambda_2$. Astfel, pentru $\lambda_2 < 0.5$ este mai indicat regimul de adaptare sau cel de dezadaptare optimă, iar pentru $\lambda_2 > 0.5$ este mai indicat regimul de excitare în tensiune.

Dacă analizăm problema din punct de vedere al tuturor timpurilor de distorsiuni, rezultă că, pentru regimul de excitare în tensiune și regimul optim de dezadaptare obținem valori acceptabile ale gamei dinamice. Valoarea optimă a coeficientului de transfer se va determina astfel încât să obținem o gamă dinamică maximă pentru criteriul de neliniaritate ce determină probabilitatea de perturbare a recepției cea mai mare.

Din cele de mai sus rezultă că există posibilitatea de a influența proprietățile neliniare și gama dinamică a etajelor traseului de recepție, prin:

**1)** *alegerea corespunzătoare a elementului activ și a tipului de amplificator (în tensiune, în curent, în putere) care asigură gama dinamică cea mai mare pentru o anumită aplicație;*

**2)** *alegerea tipului de conexiune a elementului activ, pentru a modifica corespunzător parametrii liniari și neliniari ai acestuia;*

**3)** *optimizarea regimului de funcționare în curent continuu;*

**4)** *optimizarea impedanței generatorului sau/și de sarcină după criteriul gamei dinamice.*

d

## BIBLIOGRAFIE

[1]. Bălan C., Sisteme de recepție cu gamă dinamică mare - teză de doctorat, Academia Tehnică Militară, București, iulie 1996.

[2]. Bălan C., Tehnica transmisiunilor radio - partea a II-a, Academia Tehnică Militară, București, 1988.

[3]. Bogdanovici B.M., Nelineinîe iscajeniea v prieomno - usilitelinîh ustroistvah, Izdatelistvo Sveazi, Moscva, 1980.

# Quality of Service Specification in Distributed Multimedia Applications

*Eduard C. Popovici, Eugen Borcoci,* *

*Laurențiu A. Vasile, Dan I. Mușat* *

*Keywords: distributed multimedia application, quality of service (QoS), QoS parameter, QoS architectures, QoS management, QoS specification, QoS mapping.*

*Distributed multimedia applications require new qualities from transport systems, operating systems and databases. The concept of quality of service (QoS) parameters was introduced to characterize services on different levels. This paper surveys the QoS issues: multimedia applications requirements, QoS definitions and parameters, QoS architecture and management, QoS parameters specification and mapping. Finally a QoS parameters mapping example is presented.*

## 1. Introduction

**Currently new** emerging services, particularly *distributed multimedia applications*, e.g. video conferencing and video-on-demand, based on *broadband integrated services digital network* (B-ISDN) are of great importance in industry, academic research and standardization. Large scale deployment of distributed multimedia applications will impose very high constraints on overall system components, such as network and end-system. Multimedia applications requirements range from high data rates, due to *voluminous* nature of multimedia data, to severe temporal constraints, due to *continuous* nature of video an audio.

*Quality of service* (QoS) provides a unique concept which allows to express multimedia applications requirements and a good basis for their support [AH 96]. Various definitions of the term "quality of service" have been given.

A frequently referenced starting point is the general definition given by the ITU-T (I.350): "QoS is the collective effect of service performance which determine the degree of satisfaction of a user of the service". An refinement of this definition can be found within ETSI and RACE (D.510). They have stated that QoS "is described in terms of a set of user-perceived characteristics of the performance of a service. It is expressed in user-understandable language and manifests itself as a number of parameters, all of which have either subjective or objective values" [AH 95b]. *QoS parameters* include *performance-oriented* attributes, such as transmission delay, *format-related* attributes, such as compression scheme, synchronisation aspects, such as skew between audio and video sequences, cost isues, such as copyrghts charges, and *user-oriented* attributes, such as subjective sound quality [AS 96].

In order to meet the service user requirements, *QoS management* is essential. It is concerned with finding appropiate QoS charactristics for the different system components in a distributed multimedia and reserving the corresponding resources which are necessary to achieve the required functionality of a given application and to optimize the overall systems performance.

## 2. Distributed Multimedia Applications and Systems

### 2.1. Definitions

*Multimedia* can be defined [ISO 91] as a property of handling several types of representation media where the representation media is the type of data

* Politehnica University of Bucarest

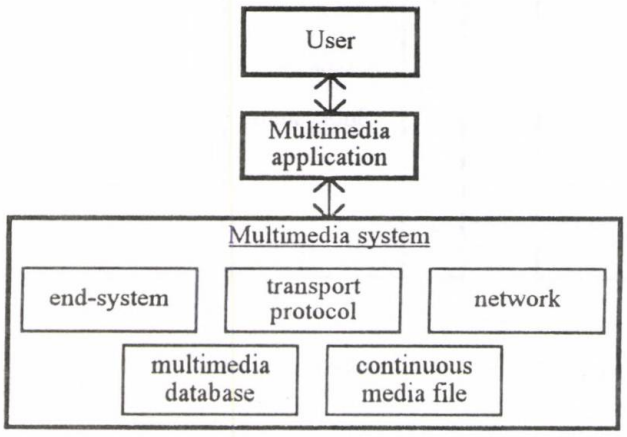


Fig.1 - Multimedia System Components and Interactions

which defines the nature of the information as described in its coded format, e.g. for audio: ITU-T G.711, MIDI and MPEG/audio. Some information media consist of a continuous sequence of finite samples which have strict temporal dependencies. Such media are categorized as continuous and the term "stream" is used to the sequence of samples constituing a continuous media.

Broadly speaking, *multimedia applications* can be classified [AH 96] into *presentational* applications, e.g. video-on-demand and news-on-demand, *conversational* applications, e.g. video-phone and video-conference systems, or applications having *both aspects*, e.g. computer supported cooperative work.

In a distributed multimedia application, to deliver the presentation to the user with a desired QoS, the *distributed multimedia system* (Figure 1) should support a certain level of QoS.

### 2.2. Multimedia Applications Requirements

Multimedia applications are characterized by handling continuous media, and support of a variety of media with their temporal relationship, e.g. video and audio. The imposes new *requirements* on communication systems and end-systems namely : high data rate, temporal constraints, services guarantees and communication groups.

Due to the huge amount of data associated with continuous media, especially video, underlying systems should suport a *high data rate* to support multimedia applications requirements. Video demand on bandwidth range from p x 64 Kb/s, where p ranges from 1 to 30 for ISDN video phones, to 1.2 Gb/s for High Definition TV (HDTV). Data rates are usually reduced using *compression* techniques, but this reduces flexibility, and introduces additional latency. A number of compression techniques and standards are available, however compressed video still requires high bandwidth.

Continuous media have an inherent temporal dimension resulting in a set of *synchronization* requirements, divided into three categories: stream synchronization, event synchronization, and group synchronization. *Stream* synchronization is concerned with latency and jitter with respect to a single stream (intra-stream synchronization) as well as maintaining existing temporal relationship between multiple streams, e.g. audio and video, during the presentation phase (inter-stream synchronization). *Event* based synchronization aims to allow multimedia applications to take approplate actions in response to a notification event in a ongoing media presentation. This induces severe timing constraints for the execution of an action, e.g. stop presentation. *Group* synchronization concerns the principle "what you see is what I see" (WISIWIS): all participants of the session must have same view of shared windows at virtually the same time. An important range of applications, e.g. teleconferencing systems and collaboration tools, are concerned with group synchronization, and thus, it is essential to support this type of synchronization.

In order support multimedia applications, *service guarantees* are required. Network and end-systems should be able, by means of some resource reservation, to support the requested data rates and temporal constraints for the duration of the service to provide.

The degree of guarantees for providing for the requested service must be specified: *deterministic* guarantees (holds for every service data unit transmittes between two service acces points during the service), *statistical* guarantees (not required to hold for every service data unit transmitted) and *best-effort* services (no guarantees or partial guarantees).

*Group* communications is important since most multimedia application involves several users sharing the same information. Such application have constraints on acceptable time in which the information must be received by all members of the group. To support those requirements high performance multipoint communication services, e.g. *broadcast* and *multicast*, are required.

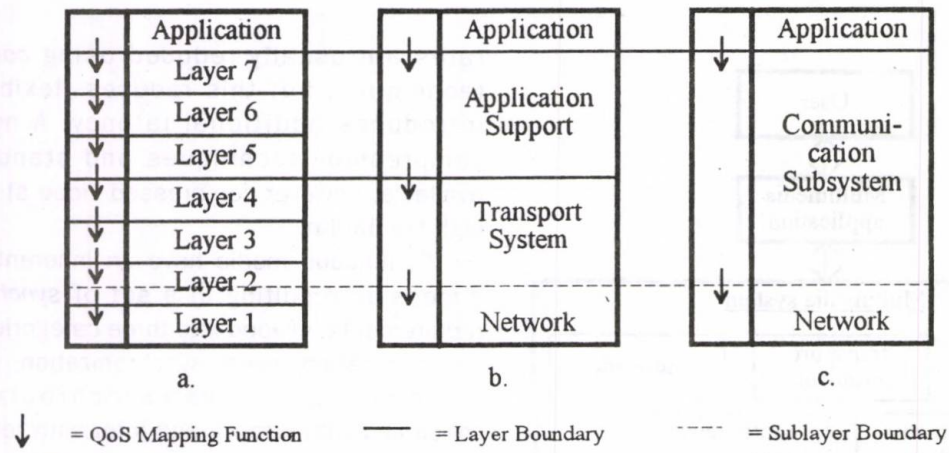


Fig. 2 - Alternative Arhitectures

## 3. Quality of Service Architectures

### 3.1. Alternative Architectures

Traditionally, the QoS parameters have been used in communication protocol specifications without sufficient relation to the protocol itself, and sometimes only a set of vague and separately defined QoS parameters exists. The problem with this situation is that in layered protocol stacks, such as within the ISO/ISO-BRM (International Organization for Standardization/Open Systems Interconnection - Basic Reference Model), no rules are provided for mapping higher layer QoS onto lower layer QoS [BS 95b].

An OSI protocol stack comprises seven layers as defined in the ISO/OSI-BRM [ISO 85]. Each of them includes set of QoS parameter definitions. Besides desirable consequences, such as efficiency, synchronization, or functional redundancy, the main consequences of these multi-layer architectures concerns the urgency of QoS mapping between neighboring layers. As depicted in Figure 2.2 for the seven layer OSI architecture, seven different QoS mapping functions have to be defined. The application resides on top of the highest layer. However, this "mapping" is of a different nature than the following ones, since it involves the initial specification of application requirements. The other QoS mapping has to take place at every interfaces of layers N and N-1.

A different and more practical approach is presented in Figure 2.b and significantly reduces number of QoS mapping functions. In this case, seven ISO/OSI layers have been reduced to three components [MZ 91]. Based on this architecture, three relevant groups of QoS mapping functions have been developed.

Besides the application itself, the application support is responsible for application-oriented protocol processing tasks (such as presentation, remote operations, or synchronization), while the transport system is responsible for transport-specific tasks (such as (non-)reliable transport of user data or segmentation).

As depicted in Figure 2.c, another possible approach has been proposed in [MZ 93], relyng on protocol configuration and applying an internal QoS mapping scheme. In this case, application requirements are specified by QoS parameters (which are handled by the application, the protocol, and the end-system) and are finnaly mapped onto protocol building-blocks and network-dependent parameters.

### 3.2. Quality of Service Parameters

Quality of service (QoS) *parameters* are integral parts of communication protocols and their service specification. For QoS modelling the term *service* is important. The currently applied service definition is based on [ISO 85]: "Service comprises the aggregate of all capabilities and features, which are available at an interface between two layers, or in general, between two objects that are correlated". A possible definition of QoS is as follows: "Quality of service represents the set of those quantitive and qualitative characteristics of a distributed multimedia systems necessary to achieve the required functionality of an application".

To outline these parameters an three-dimensional classification [BS 95a] [BS 95b] seems to be useful (Figure 3). The first dimension of QoS parameter distinguishes QoS parameters

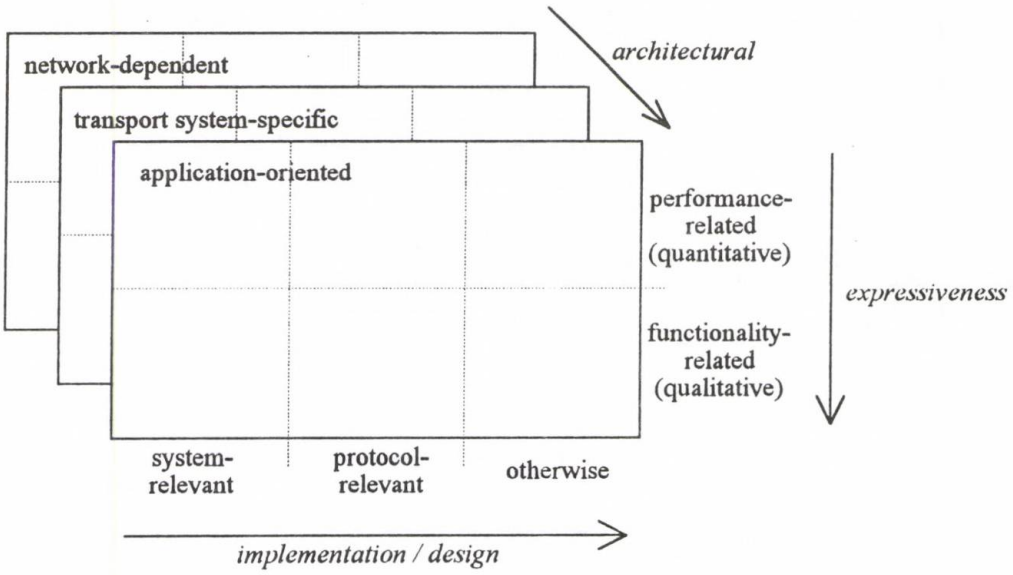


Fig. 3 - Orthogonal Classification of QoS

according to an *architectural* point of view, while three hierarchical levels may be separated.

The *application-oriented* QoS depict an application perspective only. It may be separate in *application services* (ASv) in the upper level and a set of *application-oriented QoS parameters* (AQoS). Examples of application services and application QoS parameters are given in Table 1 and 2.

The *transport system-specific* QoS define the features of processing user data according to communication protocol tasks. It may be separate in *transport services* (TSv) in the medium level and a set of *transport system-specific QoS parameters* (TQoS). Examples of transport services and transport QoS parameters [AC 94] are given in Table 3 and 4.

The *network-dependent* QoS are located in the two lowest levels of the ISO/OSI BRM and define capabilities of the network, its topology, and features of the medium itself. Examples of *network QoS parameters* (NQoS) are given [BS 95b] in Table 5.

| Service |
|---|
| Communication Management |
| Data transfer |
| Synchronization |
| Dialogue Control |
| Exception Handling |
| Remote Operations |

Tabel 1 - Application Services.

The second and orthogonal dimension of QoS parameters encompass the *expressiveness* of a single QoS parameter related to measurable values or identified functionalities. The *performance-related* QoS parameters can be expressed by measurable and numerical values. They are called *quantitative* QoS parameters as well. Additionally, a unit, such as bit, byte, or

| Quantitative Parameter | Unit |
|---|---|
| Multiparties | parties |
| Streams | number |
| Temporal Resolution | sample / s, frame / s, etc. |
| Transit Delay | s |
| Audio-video Skew | ms |
| Text-video Skew | ms |
| Amount of Data | byte |
| Spatial Resolution | b / sample, b / pixel, etc. |
| Data Corruption | % |
| Data Loss | % |
| Cost | $ |
| **Qualitative Parameter** | **Values** |
| Media | media type: audio, video, text, etc. |
| Service | service type: datagram, stream mode, etc. |
| Security | security classes |
| Priority | priority classes |

Tabel 2 - Application QoS Parameters

| Service | Value |
|---|---|
| Inter-stream Synchronization | none, audio-video, text-video, etc. |
| Stream Multiplexing | yes, no |
| Error Tolerance | none, order, loss, replication, corruption |
| Guaranteed Group Delivery | deterministic, statistical, best-effort |
| Data Transfer | datagram, stream mode, etc. |
| Segmentation/Concatenation | yes, no |
| Maximum Data Unit Size | number of bytes |

Tabel 3 - Transport Services

| Quantitative Parameter | Unit |
|---|---|
| Data Mean Rate | byte / s |
| Frame Size | byte |
| Frame Rate | frame / s |
| Burst Size | byte |
| Peak Rate | byte / s |
| Transit Delay | s |
| Jitter | ms |
| Loss Rate | % |
| Cost | $ |
| **Qualitative Parameter** | **Values** |
| Priority | class |

Tab. 4 - Transport QoS Parameters

| Network | Specific Parameter | Value | Unit |
|---|---|---|---|
| ATM | Cell Delay Variation | negotiable | ms |
| | Average Cell Rate | negotiable | cell / s |
| | Peak Cell Rate | negotiable | cell / s |
| | Cell Length | 53 | byte |
| | Cell Error Ratio | fixed | % |
| | Cell Loss Ratio | fixed | % |
| FDDI | Packet Length | 4500 | byte |
| | Target Token Rotation Time | negotiable | us |
| | Bit Error Rate | fixed | % |
| Ethernet | Packet Length | 1524 | byte |
| | Bit Error Rate | fixed | % |

Tab. 5 - Network QoS Parameters in Different Networks

second, is attached to the value. Examples are a jitter value of 20 ms or a throughput of 100 Mbit/s. *The functionality-related* QoS parameters are used to express a *qualitative* aspect, such as synchronization, security, or priority. Moreover, additional information per functionality-related QoS parameter may be added, such as what type of synchronization or security is required.

Finally, the third dimension includes an *implementation versus design* point of view. The *protocol-relevant* QoS parameters include parameters related to protocol policies for error control and flow control, such as window size, retransmission counter, or acknowledgement timer. They are used within a communication protocol and define certain internal details of protocol mechanism. The *system-relevant* QoS parameters include end - system order intermediate-system relevant parameters, such as memory management methods or scheduling mechanism. They show a heavy dependence on system activity besides its effects on communicated user data.

## 4. Quality of Services Management

A typical scenario for QoS *processing* in a distributed multimedia application [AH 96] involves the following steps :

- **1)** The user asks for a multimedia service, e.g. video-conference, with a desired QoS. Thus the user make a *specification* of the values of a set of user QoS parameters, e.g. TV resolution for video and CD quality for audio.
- **2)** The *mapping* of the user/application QoS onto parameters for various system components, e.g. network and end-systems. For example, CD quality for audio mapped onto certain throughput, jitter and loss rate.
- **3)** QoS *negotiation* to ensure that the systems components can meet the requested QoS. To support service guarantees, each component should reserve and amount of its available resources. This requires mapping functions between values of QoS parameters and components resources in terms of bandwidth, buffers and CPU slots.

To ensure that the requirements of the users are satisfied *QoS management* is essential. *QoS management functions* can be defined as a set of activities that allow the support by the service provider of the desired QoS.

The QoS management functions include [AC 94] [AH 95a]: QoS mapping, QoS negotiation, resource reservation, admission control, QoS monitoring, QoS policing, QoS adaptation, QoS renegotiation, QoS accounting and QoS termination (Table 6).

| Phase | QoS Management Functions |
|---|---|
| Establishment phase | QoS specification<br>QoS mapping<br>QoS negotiation<br>Admission control<br>Resource reservation<br>QoS accounting |
| Active phase | QoS mapping<br>QoS monitoring<br>QoS policing<br>QoS adaptation<br>QoS renegotiation<br>Admission control<br>Resource reservation<br>QoS accounting |
| Termination phase | QoS termination |

Tabel 6 - Major Phases of a Multimedia Session

### 4.1. Quality of Service Specification and Mapping

The service user should be able to *specify* their requirements in terms familiar to them. For example a human user likes to specify video frame rate instead of system related terms, such as Mb/s, while a transport system user likes to specify reliability constraints in terms of the percentage of lost transport data units instead of percentage of loss cells.

The classical role of QoS *mapping* activity is the translation between QoS representations at different system levels. Mapping the customer requirements into relevant QoS parameters for service provider is required to support any customer service request.

May be identified [AH 96] many types of mapping: *QoS mapping* (the translation of layer QoS parameters into the next-lower layer QoS parameters, e.g. XTP to ATM QoS parameters): *QoS-resources mapping* (the translation of QoS parameters into certain amounts of resources such as buffers, CPU and bandwidth); *service-system QoS mapping* (the

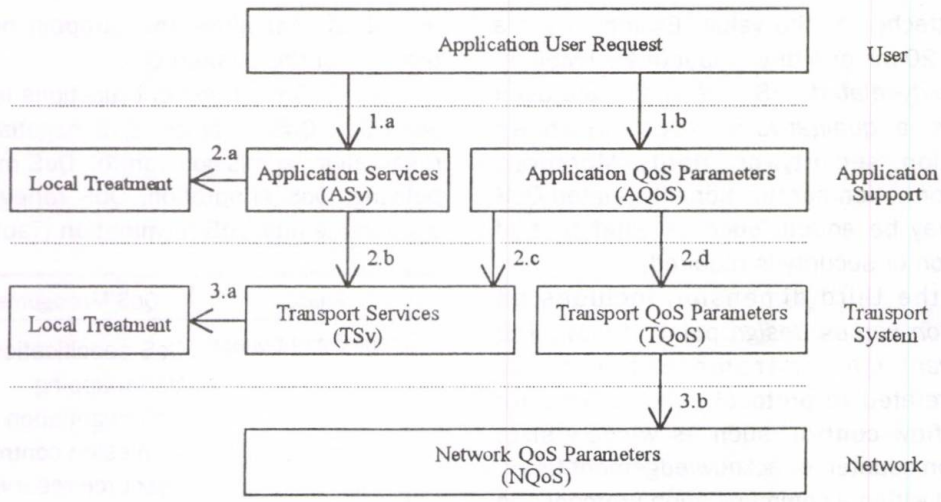


Fig. 4 - The QoS Mapping Functions.

translation of services QoS parameters onto hardware and software end-system components required to support the requested service).

Using the presented architecture of QoS parameter, a set of three mapping functions [BS 95b] may be defined (figure 4).

An example is the mapping for a 5-party multicast audio communication with dialogue control, stream mode service, maximum data loss of $10^{-7}$, and CD-stereo quality (Figure 5).

### 4.2. Quality of Service Negotiation and Related Management Functions

The role of *QoS negotiation* is to find an agreement *(QoS contract)* on the required values of QoS parameters between the system am the user. The system uses the user QoS specification and performs QoS mapping and *admission control.* If such an activity succeds, effective *reservation* of the required amount of *resources* is performed; otherwise a *rejection* is sent to the user.

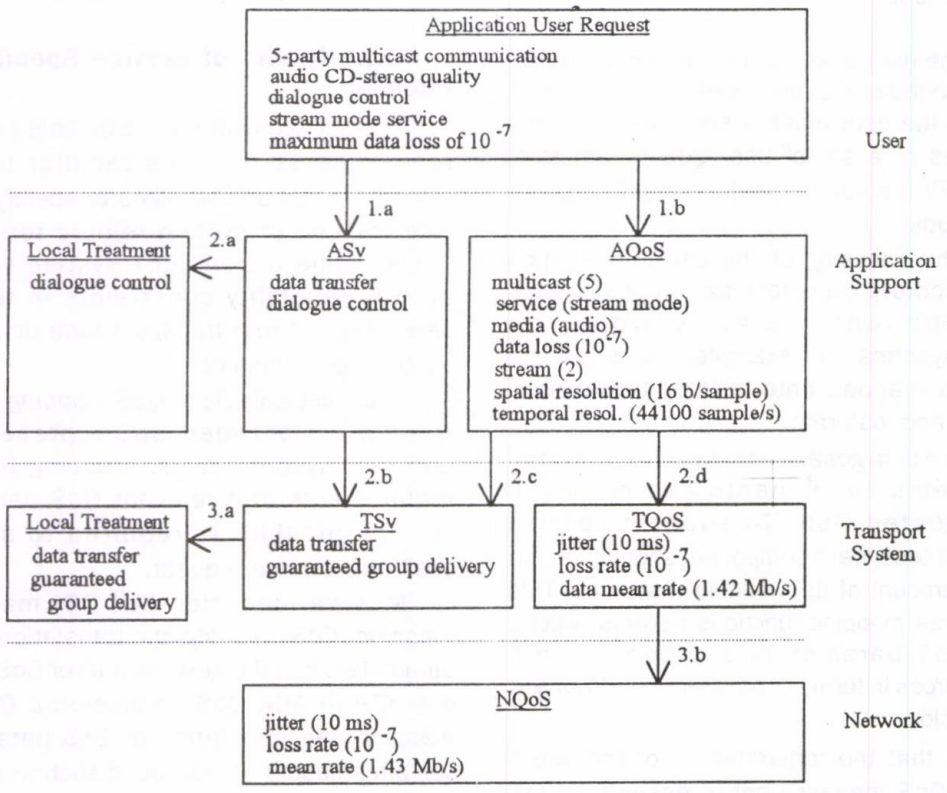


Fig. 5 - An Example of QoS Mapping.

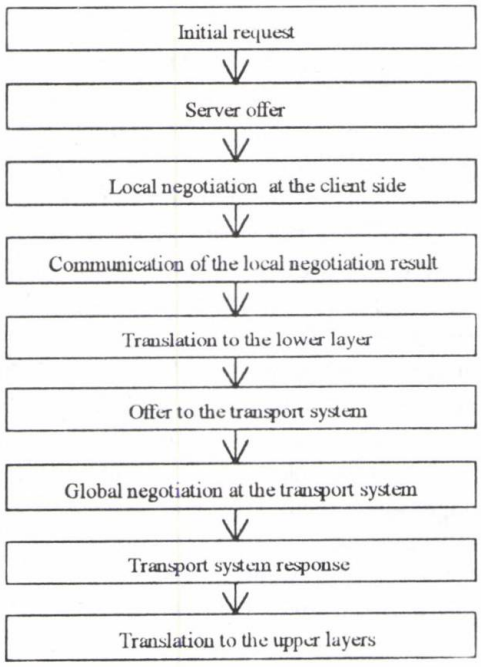


Fig. 6 - The Phases of QoS Negotiation in a Client - Server Multimedia Application.

The role of admission control is to compare the resource requirements arising from the QoS associated with a new service request with the available resources in the system. The decision to accept a new service request depends on system scheduling mechanism, the characteristics of data traffic to be generated by the new request, as resource availability.

The cost is an important parameter in QoS negotiation. Without *cost constraints*, the user will always ask for the best QoS available. Each time the system finds an agreements between the components, in terms of QoS requirements, *a notification* that indicates the cost the user should pay for should be sent to the user before starting the service provision. The *user* has three *options: accept* the cost and then the service provision starts, *reject* the cost and abandon the service, or *initiate* a new negotation to relax his QoS requirements.

The *QoS accounting* concerns the calculation of the cost relative to the service requested by the user. Since distributed multimedia applications provide a vast range of QoS, QoS accounting is a complex activity. In distributed multimedia applications the cost include several cost *components*: per service type, service quarantees type, duration of requested service, amount of data exchanged, degree of security, etc.

The *monitoring mechanisms* allow to perform a continuous measurement of the QoS which is actually provided. They have mainly two *tasks*: to detect and notify any *QoS violation (notification* task) and to store information to produce useful statistics *(collection* task).

The set of actions taken the system to *monitor* and *control user traffic* in order to protect the system resources from user misbehavior which can effect the existing QoS quarantees is named *QoS policing*. Examples of actions are: ignoring the user's violations, notifyng the user, increasing the cost to charge to the user, shaping the traffic to a level that corresponds to the agreed QoS.

To *maintain*, as far as possible, the QoS agreed during the negotiation phase is the role of *QoS adaptation*. A QoS adaptation procedure is executed to react adaptively to the changes of the environment, each time some QoS violation is detected. To *adapt to variable temporal requirements*, such as jitter, buffering mechanisms or partial blocking mechanism may be used [AH 96]. To *adapt to variable data rates*, there are mainly three different techniques: interpolation, dynamic compression (a range of compression ratios) and scalable compression (different levels of resolution or bit rate - a basic quality level and enhancement levels).

The *QoS renegotiation* may be initiated by the *user* or the *underlying system* (e.g. transport system), e.g. if the user request a better quality, e.g. ask for CD audio quality while the current quality is telephonic voice, or the system aims to reduce the provided quality to avoid service interruption due to lack of resources.

A complete QoS negotiation in a *client-server* multimedia application [AH 94] [AH 95a] [AH 95b] [AV 95] involves many phases (Figure 6). The client asks the server for the QoS parameters of the multimedia application. Then the server provides QoS parameters of the monomedia objects components and other parameters required in oeder to compute global QoS parameters like cost. The client negotiates locally with the users and the operating system, without taking in account the transport system onstraint, and sends the result of the local negotiation to the server, including the cost constraint. The server translate the parameters to the lower layer, and ask transport system to open connection for each monomedia object that support a specific QoS resulting from translation. The transport system perform the

global negotiation. Then the transport system responds: accept and reserve resources, or reject. The parameters are translated to the upper layers to obtain meaningful QoS parameters to the client.

A conversational applications can use *QoS profiles* (predefined sets of QoS parameters that may be surely supported by multimedia distributed system) for avoiding the negotiation phase. In this way whenever the user starts a session he may select a desired QoS profile already stored and conforming with a desirable cost.

## 5. Conclusion and Future Work

The success of multimedia applications can be achieved only if the end-user is satisfied. The applications must enable users to freely and simply create, retrieve, modify, send and receive multimedia information.

This paper describeds the distributed multimedia applications requirements and quality if service (QoS). We presented the following aspects: the distributed multimedia system structure, the distributed multimedia applications requirements, the QoS concept and the main QoS management functions. We insisted with examples on QoS specification and mapping function, because there are a basis for the QoS management.

In our further work we would like to realize a integrated multimedia platform capable to deal with a various kind of distributed applications. In this effort we will have to select and implement different QoS management mechanism and functions, for a better handling of QoS. In a future paper we aim to present our results concerning the QoS management on this integrated multimedia platform.

## References

[AC 94]. A, Campbell, G. Coulson and D. Hutchinson, A Quality of Service Architecture, Computer Communication Review, 1994, pages 6-27.

[AH 94]. A. Hafid, A. Bibal, G.v. Bochmann, T. Burdin, R. Dssouli, J. Gecsei, B. Kerherve and Q. Vu, On News-On-Demand Service Implementation, University of Quebec, Montreal Canada, Research Report, 20 sept. 1994.

[AH 95a]. A. Hafid and R. Dssouli, On Quality of Service Negociation for Distributed Multimedia Applications, University of Quebec, Monreal, Canada, Research Report, 1995.

[AH 95b]. A. Hafid and R. Dssouli, On Quality of Service Adaptation for Disributed Multimedia Applications, University of Quebec, Monteal, Canada, Research Report, 1995.

[AH 96]. A. Hafid, G.v. Bochmann, and R. Dssouli, Distributed Multimedia Applications and Quality of Service, University of Quebec, Montreal, Canada, Research Report, 1996.

[AV 95]. A. Vogel, G.v. Bochmann, R. Dssouli, J. Gecsei, A. Hafid, and B. Kerherve, On QoS Negociation in Distributed Multimedia Applications, University of Quebec, Montreal, Canada, Research Report, 1995.

[BS 95a]. B. Stiller, Quality-of-Service Issues in Networking Environments, University of Cambridge, Computer Laboratory, Cambridge, England, Research Report, 1995.

[BS 95b]. B. Stiller, Hierarchical Mapping of Enhanced QoS Parameters Based on OSI Protocols, 3rd IEEE Workshop on Architecture and Implementation of HPCS (HPCS'95), Mystic, Connecticut, U.S.A., August 23 - 35, 1995, pages 43 - 46.

[BS 95c]. B. Stiller, A. Framework for QoS Updates in a Networking Environement, University of Cambridge, Computer Laboratory, Cambridge, England, Research Report TR 374, 1995.

[ISO 85]. Information Processing Systems - Open System Interconnection - Basic Reference Model, ISO Standard, IS 7498, 1985.

[ISO 91]. Coded Representation of Multimedia and Hypermedia Information Objects, ISO/IEC JTC1/SC29/WG12, MHEG Working Group S.5, 1991.

[MZ 91]. M. Zitterbart, High-Speed Transport Components, IEEE Network Magazine, vol. 5, pages 54-63, January 1991.

[MZ 93]. M. Zitterbart, B. Stiller, and A. Tantawy, A. Model for High-Performance Communication Subsystems, IEEE J.S.A.C., vol. 11, pages 507 - 518, May 1993.

# Metode de estimare a matricelor de trafic punct cu punct

**Dr.mat. Dănuț I. Marcu** *

*Cuvinte cheie: trafic telefonic, prognoze, metoda transformării prin dublă factorizare, metoda traficelor unitare, matrici de trafic telefonic punct cu punct [1,2].*

*Scopul acestei scurte note este acela de a prezenta, într-o formă ușor de implementat pe un calculator electronic, metoda transformării prin dublă factorizare și metoda traficelor unitare, aceste două metode fiind frecvent utilizate în prognozele de trafic telefonic [1].*

## 1. Metoda transformării prin dublă factorizare (J.Kruithof)

Fie $C_1, C_2, \ldots C_n$ centrale telefonice și $T = (t_{ij})$, $i,j = 1,2,\ldots,n$, matricea de trafic (punct cu punct). Fie, de asemenea, $d_i$, $i=1,2,\ldots,n$, traficul de plecare (prognozat) aferent centralei $C_i$, iar $a_j$, $j = 1,2,\ldots,n$, traficul de sosire (prognozat) aferent centralei $C_j$. Problema care se pune este aceea a determinării matricei de trafic (punct cu punct) $T^* = (t^*_{ij})$, $i,j = 1,2,\ldots,n$, corespunzătoare valorilor de trafic prognozate $d_i$ și $a_j$, $i,j = 1,2,\ldots,n$. Prezentăm, în continuare, metoda transformării prin dublă factorizare, pentru rezolvarea acestei probleme [1].

- **Pasul 1.** Se calculează:

$$a'_j = a_j \left[ \left( \sum_{i=1}^{n} d_i \right) / \left( \sum_{j=1}^{n} a_j \right) \right], \; j = 1,2,\ldots,n.$$

- **Pasul 2.** Se calculează:

$$d_i^* = \sum_{j=1}^{n} t_{ij}, \; i = 1,2,\ldots,n.$$

- **Pasul 3.** Se efectuează atribuirile:

$$t_{ij} := t_{ij} \left( d_i / d_i^* \right), \; i,j = 1,2,\ldots,n.$$

- **Pasul 4.** Se calculează:

$$a_j^* = \sum_{i=1}^{n} t_{ij}, \; j = 1,2,\ldots,n.$$

- **Pasul 5.** Se calculează:

$$e = \max_{1 \le j \le n} \left[ \left( a'_j - a_j^* \right) / a'_j \right].$$

Dacă $e<0,1$, atunci STOP (în acest caz, matricea T a devenit matricea $T^*$). În caz contrar, se merge la pasul 6.

- **Pasul 6.** Se efectuează atribuirile:

$$t_{ij} := t_{ij} \left( a'_j / a_j^* \right), \; i,j = 1,2,\ldots,n.$$

Se merge la pasul 2.

**Exemplu numeric [1]**

Fie:

$$T = \begin{bmatrix} 28 & 8 & 14 \\ 11 & 5 & 4 \\ 21 & 2 & 7 \end{bmatrix},$$

$d_1 = 70, d_2 = 16, d_3 = 40$ și $a_1 = 75, a_2 = 13, a_3 = 38$.

Pentru aceste date, a fost obținută matricea:

$$T^* = \begin{bmatrix} 39 & 8 & 23 \\ 9 & 3 & 4 \\ 27 & 2 & 11 \end{bmatrix}.$$

## 2. Metoda traficelor unitare

- **Pasul 1**. Se calculează:

$$\alpha_i = \sum_{j=1}^{n} t_{ij}, \; i = 1,2,\ldots,n.$$

- **Pasul 2**. Se calculează:

$$t_{ij}^* = \left( t_{ij} d_i d_j \right) / \left\{ \alpha_j \sum_{k=1}^{n} \left[ t_{ik} \left( d_k / \alpha_k \right) \right] \right\}, \; i,j = 1,2,\ldots,n.$$

- **Pasul 3**. STOP.

**Exemplu numeric [1]**

Pentru aceleași date, folosite în cadrul metodei precedente, a fost obținută matricea:

$$T^* = \begin{bmatrix} 43 & 7 & 20 \\ 10 & 3 & 3 \\ 29 & 2 & 9 \end{bmatrix}.$$

**Remarca 1.** Se observă că, cea de-a doua metodă, utilizând numai valorile $T = (t_{ij})$, $i,j = 1,2,\ldots,n$ și $d_i$, $i = 1,2,\ldots,n$, a condus la un rezultat sensibil diferit.

**Remarca 2**. Se observă, de asemenea, că cele două metode au fost astfel prezentate, încât implementarea lor pe un calculator electronic să se poată face cu mare ușurință (o versiune, scrisă în limbajul IBM FORTRAN/2, este utilizată, în prezent, în cadrul Direcției de Telecomunicații București).

## BIBLIOGRAFIE

[1]. Lecture on Measuring Methods and Equipment, Workshop - Type Seminar on Traffic Measurements and Observations, Nicosia, 26 May - 6 June, 1986.

[2]. G.Niculescu, Traficul în Rețelele de Telecomunicații, Editura Tehnică, București, 1995.

***Direcția de Telecomunicații București**

# Oscilatoare de putere clasa E

***Ing. Martin Aurora*** *

*Cuvinte cheie: oscilator, comutație, tensiune, curent, factor de amplificare în putere.*

*În articolul de față este prezentat un oscilator clasa E a cărui schemă provine din cea de amplificator clasa E și calculul componentelor sale. În continuare este dedus factorul de amplificare în putere al tranzistorului folosind modelul controlului prin sarcina pentru dispozitivul care lucrează în comutație.*

## Introducere

**P**ornind de la un amplificator clasa E [1], se poate realiza o schemă de oscilator acordat clasa E, prin adăugarea unei bucle de reacție constituită din C4, C5 și L3 (figura 1).

Analiza se va face pe baza schemei echivalente din figura 2, unde:

- $R_L$ = rezistența de sarcină a oscilatorului;
- Cin, Rin = capacitatea și rezistența de intrare în tranzistor (incluzând și dioda D).

Componentele de circuit T, C1, C2, L2 se calculează conform celor discutate în articolul precedent, "Amplificatoare clasa E", [4]. Restul de elemente ale schemei vor fi deduse în continuare.

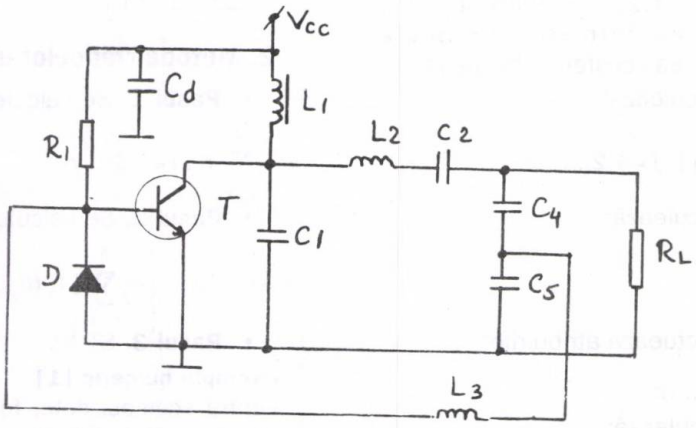


Figura 1

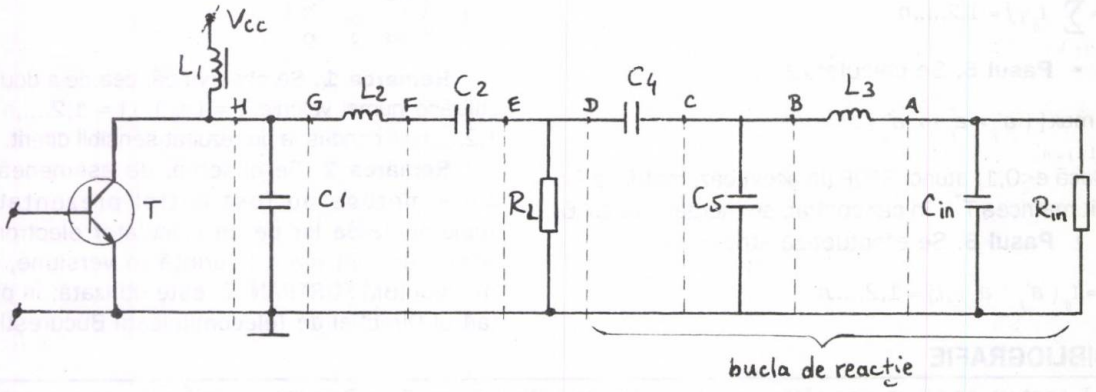


Figura 2

* ICMET Craiova

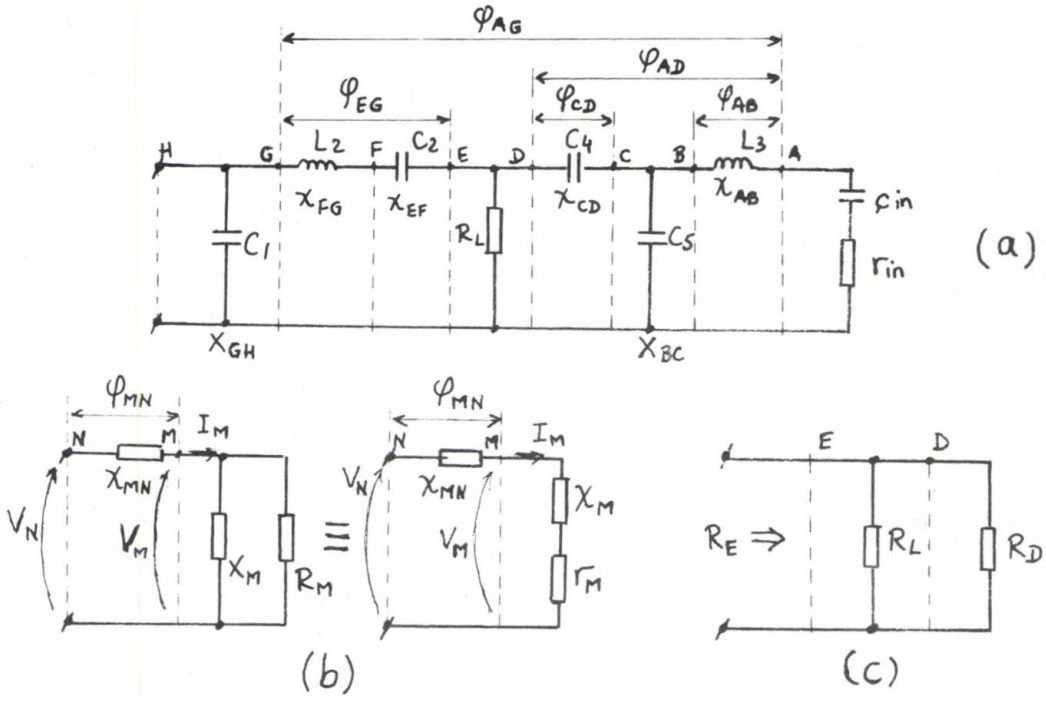


Figura 3

Factorul de umplere al semnalului de comandă pentru tranzistorul de putere este $\delta = 0,5$. Comutația tranzistorului se datorează unei părți a curentului sinusoidal de ieșire care, prin inductanța serie L3 se aplică pe baza sa. Joncțiunea de intrare, de impedanță mică, a dispozitivului conduce în timpul semialternanței pozitive, limitând tensiunea instantanee de intrare. Dioda D (figura 1) acționează ca un limitator în timpul semialternanței negative. Deci, tensiunea de intrare are o formă dreptunghiulară.

Cercetările făcute de Kazimierczuk [3] au dus la concluzia că defazajul între componentele fundamentale ale tensiunilor din bază și respectiv, din colectorul tranzistorului T este:

$$\varphi_T = 196^\circ \qquad (1)$$

## Analiza oscilatorului în regim optim de funcționare

Pentru a proiecta o buclă de reacție liniară care să asigure funcționarea oscilatorului în condiții optime, trebuie îndeplinite condițiile:

- **a)** Tensiunea colector - emitor trebuie să fie aceeași cu cea din cazul amplificatorului clasa E corespunzător.
- **b)** Transmisia de energie de la colectorul tranzistorului la sarcină trebuie realizată în același fel ca la amplificator, luând în considerare puterea de comandă.
- **c)** Energia stocată în bucla de reacție trebuie să fie suficient de mare pentru a asigura stabilitatea necesară de frecvență.
- **d)** Semnalul de reacție trebuie să aibă aceeași amplitudine și fază cu semnalul de intrare al amplificatorului clasa E corespunzător.

Condițiile **a)** și **b)** pot fi îndeplinite folosind procedeul de proiectare al amplificatorului clasa E [4] dar, ținând cont că puterea de ieșire a amplificatorului ($P_{ies}$) este suma dintre puterea de ieșire a oscilatorului și puterea sa de comandă.

Condiția **c)** înseamnă că alegerea lui $Q_L$ (factorul de calitate al circuitului acordat) trebuie făcută conform cerințelor de stabilitate cu frecvența întâlnite la oscilatorul convențional acordat.

Pentru simplificarea analizei se recomandă schema din fig. 3.a. Vor fi utilizate următoarele notații:

- Impedanța la portul M (fig. 3.b. ):

$$z_M = r_M + jx_M = z_M\, e^{j\varphi M}$$

- Factorul de reactanță al impedanței $Z_M$ :

$$q_M = x_M / r_M = R_M / X_M$$

- Argumentul impedanței $Z_M$, < ( $V_M$ , $I_M$ ):

$$\varphi_M = \text{arctg}\, q_M$$

- Defazajul între tensiunile din punctele M şi N, < ( VM , VN ):

$$\varphi_{MN} = \varphi_M - \varphi_N = arctg\, q_M - arctg\, q_N$$

În figura 3.c., $R_D$ reprezintă rezistenţa echivalentă "văzută" de semnalul de ieşire ( apare în paralel cu rezistenţa de sarcină $R_L$ ).

Factorul de amplificare în putere al tranzistorului este:

$$K_p = P_{ies} / P_{in} \qquad (2)$$

unde: $P_{ies}$ = puterea dezvoltată pe rezistenţa de sarcină $R_L$.

$P_{in}$ = puterea semnalului de intrare aplicat pe baza tranzistorului

$$P_{ies} = \frac{V_E^2}{R_E} \qquad (3)$$

$$P_{in} = \frac{V_E^2}{R_D} \qquad (4)$$

$$R_E = R_L \,||\, R_D = \frac{R_L \, x \, R_D}{R_L + R_D} \qquad (5)$$

Rezistenţa $R_E$ este rezistenţa de sarcină a amplificatorului clasa E încorporat în oscilator. Tensiunea $V_E$ este tensiunea r.m.s. la portul E. Tensiunea de la portul D este, de fapt, semnalul de intrare pentru rezistorul T.

Din relaţiile (2), (3), (4) şi (5) rezultă:

$$R_D = R_L ( K_p - 1 ) \qquad (6)$$

$$R_E = R_L \left(1 - \frac{1}{K_p}\right) \qquad (7)$$

Condiţia de fază a oscilatorului este:

$$\varphi_T + \varphi_{AG} = 0 \qquad (8)$$

Din relaţiile (1) şi (8) rezultă:

$$\varphi_{AG} = -196^o \qquad (9)$$

Dar, $\varphi_{AG} = \varphi_{EG} + \varphi_{AD} \rightarrow \varphi_{AD} = \varphi_{AG} - \varphi_{EG}$ (10)

Unghiul $\varphi_{EG}$ este, de fapt, $\Psi_0$ , [5] şi are valoarea de 49 grade. Pe de altă parte, $\varphi_{AD}$ depinde de componentele de circuit astfel:

$$\varphi_{AD} = \varphi_{AB} + \varphi_{CD} = \varphi_A - \varphi_B + \varphi_C - \varphi_D =$$
$$= arctgq_A - arctgq_B + arctgq_C - arctgq_D \qquad (11)$$

Cunoscând rezistenţa şi capacitatea de intrare în tranzistor (incluzând dioda D), $r_{in}$ şi $C_{in}$ , se obţine valoarea lui $q_A$:

$$q_A = \frac{X_{in}}{r_m} = \frac{1}{\omega C_m r_{in}} \qquad (12)$$

Cu o formulă similară se calculează $q_D$ , ţinând cont că rezistenţa $R_D$ este dată de relaţia (6) şi Xp = XE:

$$q_D = \frac{R_D}{X_D} = \frac{R_D}{X_E} \qquad (13)$$

Conform figurii 3.b., admitanţa la portul M este :

$$Y_M = \frac{1}{z_M} \rightarrow \frac{1}{R_M} + \frac{1}{jX_M} = \frac{1}{r_M + jx_M} \rightarrow \frac{1}{R_M} - j\frac{1}{X_M} = \frac{r_M - jx_M}{r_M^2 + x_M^2} \qquad (14)$$

Rezultă:

$$\frac{1}{R_M} = \frac{r_M}{r_M^2 + x_M^2} \rightarrow R_M = \frac{r_M^2 + x_M^2}{r_M} \qquad (15)$$

$$\frac{1}{X_M} = \frac{x_M}{r_M^2 + x_M^2} \rightarrow X_M = \frac{r_M^2 + x_M^2}{x_M} \qquad (16)$$

Factorul de reactanţă la portul M este:

$$q_M = \frac{x_M}{r_M} = \frac{R_M}{X_M} \qquad (17)$$

Din relaţiile (15), (16) şi (17), rezultă:

$$q_M = \left(\frac{R_M}{r_M} - 1\right)\frac{1}{2} \qquad (18)$$

Revenind la analiza buclei de reacţie a oscilatorului, valoarea lui $X_E$ se obţine astfel:

$$X_E = \frac{R_E}{q_E} = \frac{R_E}{\sqrt{R_E / r_E - 1}} \qquad (19)$$

În urma calculării factorilor $q_A$ şi $q_D$ , singurele necunoscute ale relaţiei (11) sunt $q_B$ şi $q_C$. Fiind vorba de două necunoscute, este necesară încă o ecuaţie. Ea este dedusă după cum urmează:

$$R_B = R_C \rightarrow r_B\left(1 + q_B^2\right) = r_C\left(1 + q_C^2\right) \tag{20}$$

$$r_B = r_A = r_{in} \tag{21}$$

$$r_C = r_D = R_D / (1 + q_D^2) \tag{22}$$

Din relațiile (20), (21) și (22) rezultă:

$$q_B = \left( \frac{R_D / (1 + q_D^2)}{r_{in}} x (1 + q_C^2) - 1 \right)^{\frac{1}{2}} \tag{23}$$

Ecuația (11) poate fi adusă într-o formă accesibilă, aplicând tangenta:

$$\text{tg}(\text{arctg}\, q_C - \text{arctg}\, q_B) = \text{tg}(\varphi_{AD} - \varphi_A + \varphi_D)$$

Rezultă:

$$\frac{q_C - q_B}{q_C + q_B} = \frac{\text{tg}\,\varphi_{AD} - \text{tg}(\varphi_A - \varphi_D)}{\text{tg}\,\varphi_{AD} + \text{tg}(\varphi_A - \varphi_D)}$$

Efectuând calculele, noua formă a ecuației (11) este:

$$\frac{q_C - q_B}{q_C + q_B} = \frac{q_A(\text{tg}\,\varphi_{AD} - 1) + q_D(\text{tg}\,\varphi_{AD} + 1)}{q_A(\text{tg}\,\varphi_{AD} + 1) + q_D(\text{tg}\,\varphi_{AD} - 1)} \tag{24}$$

Rezolvând sistemul de ecuații (23), (24) se obțin valrile lui $q_B$ și $q_C$:

$$q_B = \left( 1 - \frac{K2 - 1}{\frac{K2(1 + K1)^2}{(1 - K1)^2}} \right)^{\frac{1}{2}} \tag{25}$$

$$q_C = \left( \frac{(K2 - 1)(1 + K1)^2}{(1 - K1)^2 - K2(1 + K1)^2} \right)^{\frac{1}{2}} \tag{26}$$

unde:

$$K1 = \frac{q_A(\text{tg}\,\varphi_{Ad} - 1) + q_D(\text{tg}\,\varphi_{AD} + 1)}{q_A(\text{tg}\,\varphi_{AD} + 1) + q_D(\text{tg}\,\varphi_{AD} - 1)} \tag{27}$$

$$K2 = \frac{R_D / (1 + q_D)^2}{r_m}(1 + q_C^2) \tag{28}$$

În acest moment, se pot deduce valorile elementelor de circuit C4, C5 și L3, după cum urmează :

$$\omega L3 = x_{AB} = x_B - x_A = (q_B - q_A)\, r_A = (q_B - q_A)\, r_{in} \tag{29}$$

$$\frac{1}{\omega C5} = X_{BC} = \frac{R_B}{q_C - q_B} = \frac{r_B(1 + q_B^2)}{q_C - q_B} = \frac{r_{in}(1 + q_B^2)}{q_C - q_B} \tag{30}$$

$$\frac{1}{\omega C4} = x_{CD} = x_D - x_C = (q_D - q_C)\, r_C = (q_D - q_C)\frac{R_D}{1 + q_D^2} \tag{31}$$

## Calculul factorului de amplificare în putere, Kp

Pentru calculul factorului Kp se va folosi modelul controlului prin sarcina pentru tranzistorul care lucrează în mod comutație. Circuitul echivalent al acestuia este prezentat în figura 4. Tranzistorul real conține un tranzistor intrinsec, capacitățile de

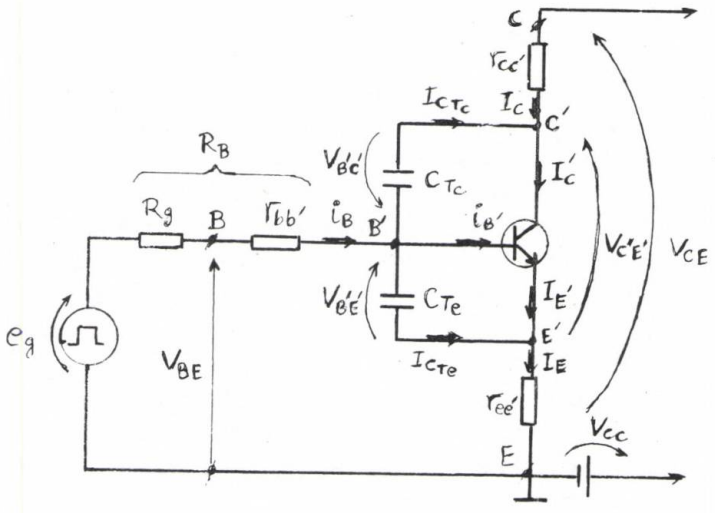


Figura 4

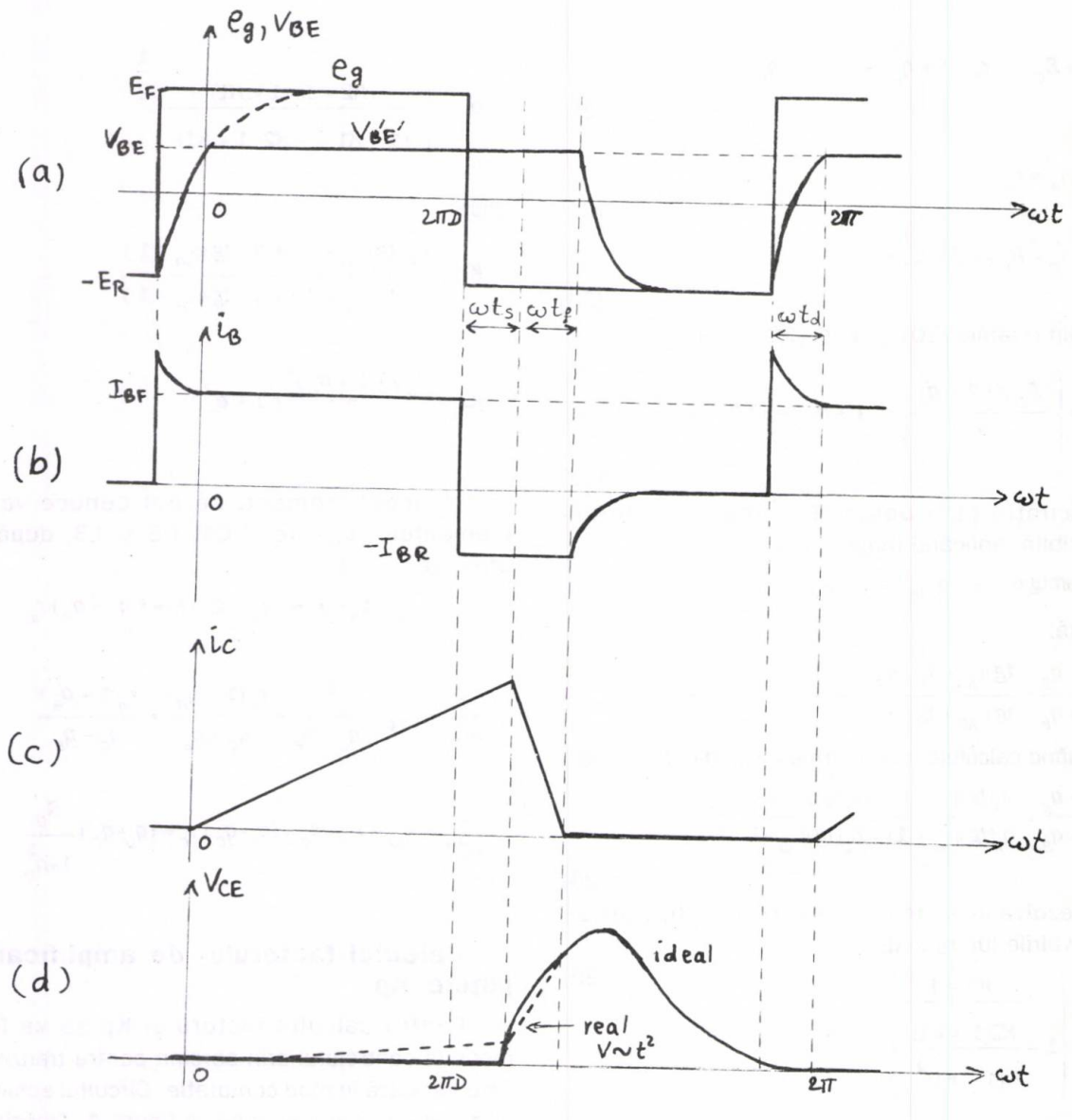


Figura 5

trecere ale joncțiunilor (Cte și Ctc) și rezistențele de propagare (ree', rcc', rbb') [2].

Figura 5 arată formele de undă idealizate ale tensiunilor și curenților de intrare și ieșire. Formele de undă ale curentului de bază, $i_B$ și ale tensiunii bază - emitor intrinseci, $V_{BE}$, prezentate în figura 5.a și 5.b sunt valabile pentru o sursă de curent de comandă ideală. Nu trebuie uitat faptul că în amplificatoarele de putere curenții prin terminalele tranzistorului în comutație sunt foarte mari și, de aceea, tensiunea externă bază - emitor ( $V_{BE}$ ) este substanțial mai mare decât $V_{B'E'}$ , din cauza căderilor de tensiune pe rezistențele ree' și rbb'.

Formele de undă pentru $i_C$ și $V_{CE}$ prezentate în figurile 5.c. și 5.d. sunt valabile pentru funcționanrea optimă a amplificatorului clasa E. De asemenea, figura 5 scoate în relief intervalele de funcționare ale tranzistorului în timpul unui ciclu. Timpul de comutare la comutația directă conține doar timpul de întârziere (td), iar cel de la comutația inversă conține timpul de stocare (ts) și cel de cadare (tf).

Pentru ușurința calculelor, se aproximează forma de undă a curentului $i_C$ prin liniarizare (figura 5.c.). Prin urmare, $i_C$ pornește de la zero și crește cu o pantă finită determinată de circuitul exterior. Tranzistorul este blocat în timpul td. El este saturat în intervalul $0 < \omega t < \pi$ și în timpul ts, apoi trece în regiunea activă normală în tf și din nou se blochează după timpul tf.

Analiza tranzistorului se va baza pe următoarele ipoteze:

**a)** Parametrii de semnal mare ai tranzistorului $h_{FE}$, $f_T$ și sunt constanți.

**b)** Capacitățile de joncțiune $C_{Te}$ și $C_{Tc}$ sunt constante.

**c)** Forma de undă a semnalului de comandă a tranzistorului, eg, este dreptunghiulară ideală și Rg este suficient de mare pentru ca tranzistorul să fie comandat de o sursă de curent când este în saturație și în regiunea activă normală.

Curentul de colector este [5]:

$$i_C(\omega t) = \begin{cases} \frac{I_{CM}}{\pi}\omega t = \frac{I_{CC}}{\pi/4}\omega t & pt.\ 0 < \omega t < \pi \\ 0 & pt.\ \pi \le \omega t \le 2\pi \end{cases} \quad (32)$$

unde:

$I_{CM} = i_C(\pi + \omega t_S)$ *este curentul de colector de vârf.*

$I_{CC} = I_{CM}(\pi + \omega t_S + \omega t_f)/4\pi$ *este curentul de alimentare.*

***Formele de undă ale curenților de bază și ale sarcinilor stocate în bază în intervalul de saturație***

Tranzistorul este saturat în intervalul $0 < \omega t \le \pi$. Curentul de bază este:

$$i_B = I_{BF} = \frac{E_F - V_{BEF}}{R_B} \ge I_{BFmin} \quad (33)$$

unde: $Rb = Rg + r_{bb'}$

$V_{BEF}$ = tensiunea de prag bază - emitor (aprox. 0,75 V pentru Si)

$I_{BFmin}$ = curentul de bază direct care este necesar pentru a conduce tranzistorul la limita saturației.

Ținând cont de figura 4, curentul de bază este:

$$i_B(\omega t) = i'_B(\omega t) + i_{CTe}(\omega t) + i_{CTc}(\omega t) \quad (34)$$

Presupunând că $V_{B'E'} = V_{BEF}$ și $V_{B'C'} = V_{B'E'} - V_{C'E'} = V_{BEF} - V_{C'E'(sat)}$ sunt constante, curenții prin $C_{Te}$ și $C_{Tc}$ sunt:

$$i_{CTe}(t) = C_{Te} x \frac{dV_{B'E'}(t)}{dt} = 0 \quad (35)$$

$$i_{CTc}(t) = C_{Tc} x \frac{dV_{B'C'}(t)}{dt} = 0 \quad (36)$$

Pornind de la aceasta, $i_{B'} = i_B = I_{BF}$ și $i_{C'} = i_C$

Curentul de bază al tranzistorului intrinsec saturat este dat de expresia:

$$i_B(t) = i_{BS}(t) + i_{BX}(t) \quad (37)$$

în care:

$$i_{BS}(t) = \frac{Q_{BS}(t)}{\tau_B} + \frac{dQ_{BS}(t)}{dt} = \frac{i_C(t)}{h_{FE}} + \frac{1}{\omega_T} x \frac{di_C(t)}{dt} \quad (38)$$

$$i_{BX}(t) = \frac{Q_{BX}(t)}{\tau_S} + \frac{dQ_{BX}(t)}{dt} \quad (39)$$

unde : $Q_{BS}$ = sarcina stocată în bază, necesară pentru a conduce tranzistorul la limita saturației

$Q_{BX}$ = excesul de sarcină stocată în bază

$\tau_B = 1/\omega_\beta = h_{FE}/\omega_T$ = timpul de viață pentru sarcina $Q_{BS}$

$f_T = \omega_T/2\pi$ = produsul câștig - lățimea bandă la $V_{CE}$ = ct.

$\tau_S$ = timpul de viață pentru sarcina $Q_{BX}$

$h_{FE}$ = câștigul de curent direct, emitor comun ($I_C / I_B$) la $V_{CE}$ = ct.

Curentul de bază necesar pentru a conduce tranzistorul la limita de saturație este:

$$i_{BS}(\omega t) = \frac{I_{CC}}{\pi/4}\left(\frac{\omega t}{h_{FE}} + \frac{\omega}{\omega_T}\right) \quad (40)$$

Termenul al doilea din relația (40) crește cu frecvența; acest fapt are o influență esențială în comportarea tranzistorului cu frecvența. Valorile de vârf ale celor două componente din relația (40) devin egale la frecvența:

$$f_{eq} = \frac{\pi f_T}{h_{FE}} = \pi f_\beta \quad (41)$$

Curentul de bază în exces este:

$$i_{BX}(\omega t) = I_{BF} - i_{BS}(\omega t) = I_{BF} - \frac{I_{CC}}{\pi/4}\left(\frac{\omega t}{h_{FE}} + \frac{\omega}{\omega_T}\right) \quad (42)$$

Sarcina stocată în baza necesară pentru a conduce tranzistorul la limita de saturație:

$$Q_{BS}(\omega t) = \frac{i_C(\omega t)}{\omega_T} = \frac{I_{CC}\,\omega t}{\pi\omega_T/4} \quad (43)$$

Substituind (42) în (39) și rezolvând ecuația diferențială, se obține relația de calcul pentru sarcina în exces stocată în bază:

$$Q_{BX}(\omega t) = \tau_S\left\{\left[I_{BF} + \frac{I_{CC}}{\pi/4}\left(\frac{\omega\tau_S}{h_{FE}} - \frac{\omega}{\omega_T}\right)\right]\left[1 - e^{-\omega t/(\omega\tau_S)}\right] - \frac{I_{CC}\omega t}{\pi h_{FE}/4}\right\} \quad (44)$$

Sarcina totală stocată în bază este:

$$Q_B(\omega t) = Q_{BS}(\omega t) + Q_{BX}(\omega t) \tag{45}$$

Condiţia de tranzistor saturat

Condiţia de tranzistor saturat este dată de $Q_{BX}(\omega t) > 0$. O măsură a profunzimii saturării tranzistorului este dată de "factorul de supracomandă", $K_F$.

$$K_F(\omega t) = \frac{Q_B(\omega t)}{Q_{BS}(\omega t)} = 1 + \frac{Q_{BX}(\omega t)}{Q_{BS}(\omega t)} \tag{46}$$

Tranzistorul este saturat dacă $K_F(\omega t) > 1$ şi este la limita de saturaţie (la un moment to ) dacă $K_F(\omega t) = 1$, *adică* $Q_{BX}(\omega t_o) = 0$. Profunzimea saturării tranzistorului creşte cu timpul dacă $dK_F(t)/dt > 0$ şi scade cu timpul dacă $dK_F(t)/dt < 0$.

Substituind relaţiile (43) şi (44) în (46) se determină expresia $K_F$. După cum se vede, profunzimea saturării tranzistorului scade pe durata întregului interval $0 < \omega t \leq \pi$.

Valoarea maximă pentru $K_F$ apare la: $\omega t = 0+$

$$K_F(0_+) = \lim K_F(\omega t) = \frac{I_{BF}}{I_{CC}} x \frac{\pi \omega_T}{4\omega} \tag{47}$$

Această ultimă relaţie arată că tranzistorul trece din blocare în saturaţie direct (fără a trece prin regiunea activă normală). Dispozitivul este blocat la momentul $\omega t = 0-$ şi este saturat la momentul $\omega t = 0+$. Mai mult decât atât, tranzistorul este în saturaţie adâncă la $\omega t = 0+$ ( *deoarece* $K_F(0+)$ este foarte mare ). De aceea, se poate spune că nu există timp de creştere la comutaţia directă a tranzistorului din amplificator. De aici, se poate deduce că pierderea de putere la comutaţia directă este zero, ceea ce determină o eficienţă de colector ridicată. Aceasta confirmă condiţiile de funcţionare optimă ale amplificatorului clasa E.

Din (43), (44) şi (46) rezultă expresia lui $I_{BF}$ necesar pentru a obţine o valoare dată a lui $K_F(\pi)$:

$$I_{BF} = \frac{I_{CC}}{\pi/4}\left\{\frac{1}{h_{FE}}\left[\frac{\pi}{1-\exp(-\pi/\omega\tau_S)} - \omega\tau_S\right] + \right.$$

$$\left. + \frac{\omega}{\omega_T} + \frac{4[K_F(\pi) - 1]}{\omega_T \tau_S [1 - \exp(-\pi/\omega\tau_S)]}\right\} \tag{48}$$

Pentru:

$$\omega << 1/\tau_S,\ I_{BF} \approx 4I_{CC}\left[\frac{1}{h_{FE}} + \frac{K_F(\pi) - 1}{\pi\omega_T\tau_S/4}\right] \tag{49}$$

Pentru:

$$\omega >> 1/\tau_S,\ I_{BF} \approx \frac{4I_{CC}}{\pi} x \frac{f}{f_T} x \left[1 + \frac{K_F(\pi) - 1}{\pi/4}\right] \tag{50}$$

Pentru $K_F(\pi) = 1$, ultimul termen din (48) este 0 şi $I_{BF} = I_{BFmin}$

Pentru:

$$\omega << 1/\tau_S,\ I_{BFmin} \approx \frac{4I_{CC}}{h_{FE}} \approx \frac{I_{CM}}{h_{FE}} \tag{51}$$

În acest caz, $I_{BFmin}$ este independent de $\tau_S$ şi $\omega_T$.

Pentru:

$$\omega >> 1/\tau_S,\ I_{BFmin} \approx \frac{4I_{CC}}{\pi} x \frac{f}{f_T} \approx \frac{I_{CM}}{\pi} x \frac{f}{f_T} \tag{52}$$

În acest caz, $I_{BFrim}$ este independent de $\tau_S$ şi $h_{FE}$

Pentru $I_{BF} = I_{BFmin}$, timpul de stocare ts = 0 deoarece $Q_{BX}(\pi) = 0$ adică, $K_F(\pi) = 1$.

De reţinut că $i_{BS} > I_{BF}$ şi $i_{BX} < 0$ pentru un interval de timp important. În principiu, este posibilă eliminarea timpului de stocare. În practică însă, aceasta impune o reglare individuală a comenzii ON pentru fiecare tranzistor şi o riguroasă compensare cu temperatura.

Timpul de stocare

Pe durata timpului de stocare ts ( $\pi < \omega t \leq \pi + \omega ts$ ) ,curentul de bază invers este:

$$i_B = -I_{BR} = \frac{E_R + V_{BEF}}{R_B} \tag{53}$$

Tranzistorul este încă saturat. De aceea, $i_C$, $i_{BS}$ şi $Q_{BS}$ determinate de (32), (40) şi (43) sunt valabile.

Din relaţiile (40) şi (53) rezultă curentul de bază în exces:

$$i_{BX}(\omega t) = -I_{BR} - i_{BS}(\omega t) = -\left[I_{BR} + \frac{4I_{CC}}{\pi}\left(\frac{\omega t}{h_{FE}} + \frac{\omega}{\omega_T}\right)\right] \tag{54}$$

Utilizând (39) şi (54), se poate obţine sarcina în exces stocată în baza:

$$Q_{BX}(\omega t) = Q_{BX}(\pi)\, e^{(\omega t - \pi)/(\omega\tau_S)} - \tau_S$$

$$\left\{\left[\left[ I_{BR} - \frac{4I_{CC}}{\pi}\left(\frac{\omega\tau_S}{h_{FE}} - \frac{\omega}{\omega_T}\right)\right] x \right.\right.$$
$$\left.\left. x\left[1 - e^{-(\omega t - \pi)/(\omega\tau_S)}\right] + \frac{I_{CC}(\omega t - \pi)}{\pi h_{FE}/4}\right\}$$

(55)

unde, $Q_{BF}(\pi)$ poate fi calculată din (44)

Timpul de stocare ts se obține din $Q_{BX}(\pi + \omega ts) = 0$.

Deci, din (55) rezultă:

$$Q_{BX}(\pi)\, e^{-t_s/\tau_s} - \tau_S\left\{\left[I_{BR} - \frac{2I_{CC}}{\pi}\left(\frac{\omega\tau_S}{h_{FE}} - \frac{\omega}{\omega_T}\right)\right](1 - e^{-t_s/\tau_s}) + \right.$$
$$\left. \cdot \frac{4I_{CC}\,\omega\tau_S}{\pi h_{FE}}\right\} = 0$$

(56)

Timpul de stocare ts poate fi calculat din ecuația de mai sus numai numeric.

Penru $ts << \tau S$,

$$t_S \approx \frac{Q_{BX}(\pi)}{I_{BR} + [\,4I_{CC}\,\omega/(\pi\,\omega_T)\,] + [\,Q_{BX}(\pi)/\tau_S\,]}$$

(57)

Timpul de cădere

Pe durata timpului de cădere a curentului de colector tf, $(\pi + \omega ts < \omega t < \pi + \omega\, ts + \omega\, tf)$, tranzistorul este în regiunea activă normală și acționează ca o sursă de curent. Tensiunea $V_{B'E'} = V_{BEF}$. Prin urmare,din (35), $i_{CTe} = 0$. Neglijând reacția prin $C_{Tc}$, $i_B = iB' = -I_{BR}$ și $i_C = i_{C'}$.

Curentul de bază este:

$$i_B(t) = -I_{BR} = \frac{i_C(t)}{h_{FE}} + \frac{1}{\omega_T} x \frac{di_C(t)}{dt}$$

(58)

De aici, se poate obține curentul de colector:

$$i_C(\omega t) = (I_{CM} + h_{FE}\, I_{BR}) \exp\,[-(\omega t - \pi - \omega t_S)/(\omega\tau_B)\,] - h_{FE}\, I_{BR}$$

(59)

Sarcina stocată în bază este:

$$Q_B(\omega t) = \frac{i_C(\omega t)}{\omega_T} = -\tau_B\, I_{BR} +$$
$$+\left(\frac{I_{CM}}{\omega_T} + \tau_B\, I_{BR}\right)\exp\left[\frac{\omega t - \pi - \omega t_S}{\omega\,\tau_B}\right]$$

(60)

Timpul de cădere tf este determinat din $i_C(\pi + \omega\, ts + \omega\, tf) = 0$.

Deci, din (59) rezultă:

$$tf = \tau_B \ln\left(1 + \frac{I_{CM}}{h_{FE}\, I_{BR}}\right) = \frac{h_{FE}}{\omega_T}\ln\left(1 + \frac{I_{CM}}{h_{FE} + I_{BR}}\right)$$

(61)

Frecvența de operare maximă a amplificatorului este determinată din $\pi + \omega\,(ts + tf) = 2\pi$. Deci:

$$f_{max} = \frac{1 - 1/2}{t_S + t_f}$$

(62)

Pentru ts = 0, aceasta se reduce la:

$$f_{max} = \frac{1}{2t_f}$$

(63)

Puterea de intrare și câștigul în putere

Puterea de comandă este:

$$P_{in} = \frac{1}{2\pi}\int_o^{2\pi} i_B\, V_{BE}\, d(\omega t) \approx P_{on} + P_{tsf}$$

(64)

unde:

$$P_{on} = 0{,}5\, I_{BF}\, V_{BEF}$$

(65)

$$P_{tsf} = -f(ts + tf)\, I_{BR}\, V_{BEF}$$

(66)

Se poate considera că $V_{BEF}$ = 1V din cauza căderilor de tensiune pe rezistențele ree' și rbb'. Substituția relației (48) în (65) duce la puterea cerută, $P_{on}$.

Pentru $\omega << 1/\tau_S$, utilizând (49) și (65), rezultă:

$$P_{on} \approx 2V_{BEF}\, I_{CC}\left[\frac{1}{h_{FE}} + \frac{K_F(\pi) - 1}{\pi\omega_T\,\tau_S/4}\right]$$

(67)

Pentru $\omega >> 1/\tau_S$, utilizând (50) și (65), rezultă:

$$P_{on} \approx \frac{V_{BEF}\, I_{CCf}}{\pi f_T/4}\left[1 + \frac{K_F(\pi) - 1}{\pi/4}\right]$$

(68)

După cum se observă, $P_{on}$ crește cu frecvența la frecvențe mari. Înlocuind $K_F(\pi) = 1$ în (67) și (68), se obține minimum de putere de comandă, $P_{on.min}$ (necesară pentru a comanda tranzistorul la limita de saturație).

Factorul de amplificare în putere este:

$$K_p = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

(69)

unde, $P_{out}$ este puterea de ieșire.

Deoarece randamentul de colector este aproximativ egal cu 1, $P_{out} = P_{cc} = I_{cc} x V_{cc}$ . Deci, $K_p = P_{cc} / P_{in}$

Pentru $\omega << 1 / \tau_S$ , neglijând $P_{tsf}$ și utilizând (67), rezultă:

$$K_p = \frac{P_{out}}{P_{in}} \approx \frac{V_{CC}}{V_{BEF}} x 1 / \left\{ 2 \left[ \frac{1}{h_{FE}} + \frac{K_F(\pi) - 1}{\pi \omega_T \tau_S / 4} \right] \right\} \quad (70)$$

Pentru $K_F(\pi) = 1$ , se obține factorul maxim de amplificare în putere:

$$K_{p\,max} = \frac{P_{out}}{P_{in\,min}} \approx \frac{V_{CC}}{V_{BEF}} x \frac{h_{FE}}{2} \quad (71)$$

Pentru $\omega >> 1 / \tau_S$ , factorul de amplificare în putere este:

$$K_p = \frac{P_{out}}{P_{in}} \approx \frac{V_{CC}}{V_{BEF}} x 1 / \left\{ (2f / \pi f_{+T}) \left[ 1 + \frac{K_F(\pi) - 1}{\pi / 4} \right] - \frac{(t_S + t_\int) I_{BR} f}{I_{CC}} \right\} \quad (72)$$

Pentru $K_F(\pi) = 1$ , se obține factorul maxim de amplificare în putere:

$$K_{p\,max} = \frac{P_{out}}{P_{in\,min}} \approx \frac{V_{CC}}{V_{BEF}} x 1 / \left\{ f \left[ \frac{2}{\pi \int_{-T}} - \frac{t_\int I_{BR}}{I_{CC}} \right] \right\} \quad (73)$$

După cum se observă, $K_p$ și $K_{pmax}$ scad cu frecvență la frecvențe mari de lucru.

## BIBLIOGRAFIE


[1]. M. Kazimierczuk, K. Puczko - "Exact Analysis Of Class E Tuned Power Amplifier At any Q And Switch Duty Cycle", Ieee Transactions on Circuits And Systems, 1987.

[2]. M. Kazimierczuk, - "Charge-Control Analysis of Class E Tuned Power Amplifier with Only One Inductor and One Capacitor in Load Network", IEEE Transactions on Electron Devices, 1984.

[3]. J.Ebert, M. Kazimierczuk - "Class E High-Efficiency Tuned Power Oscillator", IEEE Journal of Solid-State Circuits, 1981.

[4]. A. Martin - "Amplificatorul clasa E", în curs de apariție în revista **Telecomunicații**.

[5]. A. Martin - "Comanda tranzistoarelor din amplificatoarele clasa E" - Referat I. Facultatea Electronică și Telecomunicații, 1994.

# A new method for design of maximally flat digital hilbert transformers

***Neculai H. Dumitru, Lucian C.Stanciu,*** *

***Adelaida E. Mateescu*** *

*Keywords: linear phase filter, maximally flat approximation, Hilbert transformer, recurrence relations.*

*An original design method of the maximally flat digital Hilbert transformers is presented. Compact relations, with a high degree of generality, for the design of the linear phase FIR (Finite Impulse Response) Hilbert transformers are obtained. This type of design is very efficient for Hilbert transformers of high accuracy around the normalised franquency $\underline{\omega} = \pi / 2$ . A computer program based on this method was elaborated. Some illustrative examples and plots are given.*

## 1. Maximally flat approximation for Hilbert transformer

**The transforme**r function of a noncausal Hilbert transformer is:

$$H(e^{j\underline{\omega}}) = \begin{cases} j = e^{j\pi/2} & \text{for } -\pi < \underline{\omega} < 0 \\ -j = e^{-j\pi/2} & \text{for } 0 < \underline{\omega} < \pi \end{cases} \quad (1)$$

We must realize the requirements of the ideal Hilbert transformer by linear phase FIR filters of type 3 (N is odd) or type 4 (N is even), because the ideal zero phase transfer function from (1) is an imaginary and odd function. Therefore the sequence h [n] has the antisymmetry property: h[n] = - h[N - 1 - n]. The transfer function of these filters:

$$H(z) = \sum_{n=0}^{N-1} h[n] z^{-n} = \sum_{n=0}^{N-1} h_n z^{-n} \quad (2)$$

evaluated at the physical frequencies can be written as:

$$H(e^{j\underline{\omega}}) = e^{-j\frac{N-1}{2}\underline{\omega}} j H_0(e^{j\underline{\omega}}) \quad (3)$$

where the zero phase transfer function for type 3 is:

$$H_0(e^{j\underline{\omega}}) = \sum_{n=1}^{(N-1)/2} a_n \sin(n\underline{\omega}) \quad (4)$$

and for type 4:

$$H_0(e^{j\underline{\omega}}) = \sum_{n=1}^{N/2} a_n \sin(n - 1/2)\underline{\omega} \quad (5)$$

The zero phase transfer function $H_0(e^{j\underline{\omega}})$ from (3), having the expressions (4) or (5),must realize a maximally flat approximation for the ideal frequency response $H(e^{j\underline{\omega}}) / j$ from (1).

To determine the coefficients $a_n$ of the approximating frunction $H_0(e^{j\underline{\omega}})$, with a maximally flat amplitude response at $\underline{\omega} = \pi / 2$ (and implicitly at $\underline{\omega} = -\pi / 2$ because the function $H_0(e^{j\underline{\omega}})$ is odd ) we impose the following restrictions:

$$H_o(e^{j\underline{\omega}}) = -1 ; \frac{d^r H_o(e^{j\underline{\omega}})}{d\omega^r} = 0 \text{ for } \underline{\omega} = \pi / 2 \text{ and } r = \overline{l, m-l} \quad (6)$$

where m = (N - 1 ) / 2 for the type 3 filter and m = N/2 for the type 4 filter.

* Universitatea "Politehnica" Bucureşti

## 2. Compact formulas for the coefficients of the Hilbert transformer realized as type 3 linear phase FIR filter.

The system of linear equations (6) having as unknowns the m coefficients $a_n$ is dependent on type of the used FIR filter. Consequently, for the type 3 filters according to the expression (4), the derivatives of $H_0(e^{j\underline{\omega}})$ are:

$$\frac{d^{2r+1} H_0(e^{j\underline{\omega}})}{d\underline{\omega}^{2r+1}} = \sum_{n=1}^{m} (-1)^r n^{2r+1} a_n \cos(n\underline{\omega}),\ r = 0,1,...$$

$$\frac{d^{2r} H_0(e^{j\underline{\omega}})}{d\underline{\omega}^{2r}} = \sum_{n=1}^{m} (-1)^r n^{2r} a_n \sin(n\underline{\omega}),\ r = 1,2,...$$

(7)

The function $H_0(e^{j\underline{\omega}})$ and its even order derivatives are linear combinations of sine functions. Therefore the even order terms of these combinations are zero at $\underline{\omega} = \pi/2$. The odd order derivatives are linear combinations of cosine functions, so that their odd order terms are zero at $\underline{\omega} = \pi/2$. Conmsequently the system of m linear equations with the unknowns $a_n$ and with n = 1,2,....,m, represented by the relations (6) can be divided into two linear systems, the first with the unknowns $a_n$ of odd order and the second with the unkbnowns $a_n$ of even order [4]. We must analyze two situations for even m, respectively odd m. Supposing that m is even and by using the expressions (4) and (t), evaluated at $\underline{\omega} = \pi/2$, these two systems of equations are:

$$\sum_{k=0}^{(m-2)/2} (-1)^k a_{2k+1} = 1;\ \sum_{k=0}^{(m-2)/2} (-1)^k (2k+1)^{2r} a^{2k+1} = 0; r = \overline{1,(m-2)/2}$$

(8)

respectively:

$$\sum_{k=1}^{m/2} (-1)^{k+1} k^{2r+1} a_{2k} = 0;\quad r = \overline{0,\frac{m-2}{2}}$$

(9)

The system (8) was obtained by taking into account the first equation from (6) and the derivatives of even order at $\underline{\omega} = \pi/2$, while the system (9) was obtained by evaluating the derivatives of odd order at $\underline{\omega} = \pi/2$.

The both systems have m/2 equations with m/2 unknowns. The solution of the system (8) is:

$$a_{2k+1} = -\frac{\prod_{i=0}^{(m-2)/2} (2i+1)^2}{2^{m-2}(2k+1)\left(\frac{m-2}{2}-k\right)!\left(\frac{m-2}{2}+k+1\right)!};\ k = \overline{0,\frac{m-2}{2}}$$

(10)

The system (9) is a homogeneous linear system with a nonzero main determinant and has only the trivial solution:

$$a_{2k} = 0,\ \text{for}\ k = \overline{1,\frac{m}{2}}$$

(11)

Analogously we can write the systems as (8) and (9) in the case when the parameter $m = (N-1)/2$ ***is odd***. By solving these systems we obtain the solutions:

$$a_{2k+1} = -\frac{\prod_{i=0}^{(m-1)/2} (2i+1)^2}{2^{m-1}(2k+1)\left(\frac{m-1}{2}-k\right)!\left(\frac{m-1}{2}+k+1\right)!};$$

$$k = \overline{0,\frac{m-1}{2}}\ \text{and}\ a_{2k} = 0;\ k = \overline{1,\frac{m-1}{2}}$$

(12)

## 3. Compact formulas for the coefficients of the Hilbert transformer realized as type 4 linear phase FIR filter.

We intend to use linear phase FIR filters of type 4 to obtain maximally flat Hilbert transformers at $\underline{\omega} = \pi/2$. Consequently, if we substitute the expression (5) into the relations (6), a linear system of equations is obtained. This system of equations is very difficult to be solved.

It is more convenient to obtain the coefficients $a_n$ from the computation of the first derivative of the zero phase transfer function. For the linear phase FIR filters of type 4, it can be expressed as following:

$$\frac{dH_0(e^{j\underline{\omega}})}{d\underline{\omega}} = \sum_{n-1}^{N/2} (n-1/2)\, a_n \cos(n-1/2)\,\underline{\omega}$$

(13)

The relation (13) can be also written in the form:

$$\frac{dH_0(e^{j\underline{\omega}})}{d\underline{\omega}} = \cos\frac{\underline{\omega}}{2} \sum_{n-0}^{N/2-1} b_n \cos(n\underline{\omega})$$

(14)

where :

$$a_1 = \frac{2b_o + b_1}{1};\ a_k = \frac{b_{k-1} + b_k}{2k-1}\ \text{for}\ k = 2,\ \frac{N}{2}-1;\ a_{N/2} = \frac{b_{N/2-1}}{N-1}$$

(15)

Every term cos ( $n\underline{\omega}$) is given by:

$$\cos(n\underline{\omega}) = \sum_{m=0}^{n} \alpha_{mn} (\cos\underline{\omega})^m$$

(16)

where $\alpha_{mn}$ are the coefficients derived using mathematical tables. By substituting the expression (16) into the relation (14) we obtain:

$$\frac{dH_0(e^{j\underline{\omega}})}{d\underline{\omega}} = \cos\frac{\underline{\omega}}{2} \sum_{n=0}^{N/2-1} c_n (\cos\underline{\omega})^n \tag{17}$$

We can see that $H_0(e^{j\underline{\omega}})$ has always an extremum point at $\underline{\omega} = \pi$. We intend to obtain the function $H_0(e^{j\underline{\omega}})$ with only one point of extremum localized at $\underline{\omega} = \pi/2$, having a maximum possible multiplicity order. In the relation (17) all the coefficients must be zero excepting the last. Consequently, the first derivative has the following expression:

$$\frac{dH_0(e^{j\underline{\omega}})}{d\underline{\omega}} = K\cos\frac{\underline{\omega}}{2}(\cos\underline{\omega})^{N_1} \tag{18}$$

where $N_1 = N/2 - 1 = m - 1$ is the multiplicity order for zero of the first derivative (localized at $\underline{\omega} = \pi/2$). By integrating the expression (18) we obtain function $H_0(e^{j\underline{\omega}})$:

$$H_0(e^{j\underline{\omega}}) = K I_{N_1} \tag{19}$$

where :

$$I_{N_1} = 2\cos^{N_1}\underline{\omega}\sin\frac{\underline{\omega}}{2} + 2N_1\int\cos^{N_1-1}\underline{\omega}\cos\frac{\underline{\omega}}{2}d\underline{\omega} - \int\cos^{N_1}\underline{\omega}\cos\frac{\underline{\omega}}{2}d\underline{\omega} \tag{20}$$

From the expression (20) we derive the following recurrence relation:

$$I_{N_1} = \frac{2}{2N_1+1}\cos^{N_1}\underline{\omega}\sin\frac{\underline{\omega}}{2} + \frac{2N_1}{2N_1+1}I_{N_1-1} \tag{21}$$

By using succesively this recurrence relation we obtain:

$$I_{N_1} = \frac{2}{2N_1+1}\cos^{N_1}\underline{\omega}\sin\frac{\underline{\omega}}{2} + \frac{2}{2N_1+1}\frac{2N_1}{2N_1-1}\cos^{N_1-1}\frac{\underline{\omega}}{2}\cdot\sin\frac{\underline{\omega}}{2} + \frac{2}{2N_1-1}\frac{2N_1}{2N_1-1}\frac{2(N_1-1)}{2N_1-3}\cos^{N_1-2}\underline{\omega}\sin\frac{\underline{\omega}}{2} + \ldots + \ldots + \frac{2}{2N_1+1}\frac{2N_1}{2N_1-1}\frac{2(N_1-1)}{2N_1-2}\ldots\frac{2(2)}{3}\frac{2(1)}{1}\cos^{o}\underline{\omega}\sin\frac{\underline{\omega}}{2} + C \tag{22}$$

From the restriction:

$$H_0(e^{j\underline{\omega}})\Big|_{\underline{\omega}=0} = KI_{N_1}(e^{j\underline{\omega}})\Big|_{\underline{\omega}=0} = 0; \tag{23}$$

it follows that the integration constant C is zero. The multiplication constant K is obtained from the condition:

$$H_0(e^{j\underline{\omega}})\Big|_{\underline{\omega}=\pi/2} = KI_{N_1}(e^{j\underline{\omega}})\Big|_{\underline{\omega}=\pi/2} = -1 \tag{24}$$

All the terms of the $I_{N1}(e^{j\underline{\omega}})$ from the relation (22) are zero at $\underline{\omega} = \pi/2$ excepting the last, such that the relation (24) is written as following:

$$K\frac{2^{N_1+1}N_1!}{\prod_{i=0}^{N_1}(2i+1)}\frac{1}{\sqrt{2}} = -1$$

Hence, the multiplication constant from (18) is:

$$K = -\frac{\sqrt{2}\prod_{i=0}^{N_1}(2i+1)}{2^{N_1+1}N_1!} \tag{25}$$

By using the formulas for $I_{N1}$ and K, we obtain the expression of the function $H_0(e^{j\underline{\omega}})$:

$$H_0(e^{j\underline{\omega}}) = -\sqrt{2}\sin\frac{\underline{\omega}}{2}\sum_{n=0}^{N_1} d_n(\cos\underline{\omega})^n \tag{26}$$

where :

$$d_0 = 1;\ d_n = \frac{\prod_{j=0}^{n-1}(2i+1)}{2^n n!} \quad \text{for} \quad n = \overline{1,N_1}$$

To determine the coefficients h[n] of the Hilbert transformer, using the expression (26), the Inverse Discrete Fourier Transform (IDFT) can be utilized:

$$h[n] = F_D^{-1}(H[k]) \tag{27}$$

where:

$$H[k] = H(e^{j\underline{\omega}})\Big|_{\underline{\omega} = k\frac{2\pi}{N}} = j\, e^{-jk\frac{\pi}{N}(N-1)}\, H_0(e^{jk\frac{2\pi}{N}}) \tag{28}$$

Instead of IDFT procedure, we can derive the compact formulas for the coefficients. For this reason the relation (18) can be written as following:

$$\frac{d\,H_0(e^{j\underline{\omega}})}{d\,\underline{\omega}} = \frac{K}{2^{N_1}+1}\, e^{j\underline{\omega}\,(N_1+\frac{1}{2})}\,(1+e^{-j2\underline{\omega}})^{N_1}(1+e^{-j\underline{\omega}}) \tag{29}$$

Using the Newton binomial formula in (29), it results:

$$\frac{dH_o(e^{j\underline{\omega}})}{d\underline{\omega}} = \frac{K}{2^{N_1}+1}\, e^{j\underline{\omega}\frac{2N_1+1}{2}}\left[\sum_{k=0}^{N_1}\binom{N_1}{k} e^{j\underline{\omega}\frac{2N_1-(4k-1)}{2}} + \sum_{k=0}^{N_1}\binom{N_1}{k} e^{j\underline{\omega}\frac{2N_1-(4k+1)}{2}}\right] \tag{30}$$

By integrating the relation (30) and taking into account that $H_o(e^{j\underline{\omega}})$ at $\underline{\omega} = 0$, we obtain:

$$H_o(e^{j\underline{\omega}}) = \frac{K}{2^{N_1}}\left\{\sum_{k=0}^{N_1}\frac{\binom{N_1}{k}}{j[2N_1-(4k-1)]}\, e^{j\underline{\omega}\frac{2N_1-(4k-1)}{2}} + \sum_{k=0}^{N_1}\frac{\binom{N_1}{k}}{j[2N_1-(4k+1)]}\, e^{j\underline{\omega}\frac{2N_1-(4k+1)}{2}}\right\} \tag{31}$$

Substituting the expression (31) into the relation (3) we find the causal transfer function:

$$H(e^{j\underline{\omega}}) = \sum_{k=0}^{N_1} h[2k]\, e^{-j2k\underline{\omega}} + \sum_{k=0}^{N_1} h[2k+1]\, e^{-j(2k+1)\underline{\omega}} \tag{32}$$

where:

$$h[2k] = \frac{K}{2^{N_1}}\,\frac{\binom{N_1}{k}}{2N_1-(4k-1)};\quad k = \overline{0,N_1} \tag{33}$$

$$h[2k+1] = \frac{K}{2^{N_1}}\,\frac{\binom{N_1}{k}}{2N_1-(4k+1)};\quad k = \overline{0,N_1} \tag{34}$$

In the relations (33) and (34) substituting k by N-k and taking into account that the filter length is $N = 2(N_1+1)$, we obtain the expressions:

$$h[2(N_1-k)] = h[N-1-(2k+1)] = \frac{K}{2^{N_1}}\,\frac{\binom{N_1}{k}}{2N_1-(4k+1)} = -h[2k+1] \tag{35}$$

$$h[2(N_1-k)+1] = h[N-1-2k] = \frac{K}{2^{N_1}}\cdot\frac{\binom{N_1}{k}}{2N_1-(4k-1)};\; = h[2k] \tag{36}$$

Hence, from the all $N = 2(N_1+1)$ coefficients, only the first $N_1+1$, must be calculated, the others resulting from the antisimmetric relation $h[N-n] = h[n]$. Consequently we obtain:

**a)** for $N_1$ even: $(N_1/2+1)$ coefficients of type h[2 k] with $k=0,1,\ldots,N_1/2$ and $N_1/2$ coefficients of type h [2 k+1 ] with $k=0,1,\ldots,N_1/2-1$;

**b)** for $N_1$ odd: $(N_1+1)/2$ coefficients of type h[2k] with $k=0,1,\ldots,(N_1-1)/2$ and $(N_1+1)/2$ coefficients of type h[2k+1] with $k=0,1,\ldots,(N_1-1)/2$;

We remark also that $h[n] < 0$ for $n=0,1,\ldots,(N/2-1)$ and $h[n] > 0$ for $n=(N/2+1),\ldots,N-1$.

The relation (31) can also be written as following:

$$H_o(e^{j\underline{\omega}}) = \sum_k a_{2k+1}\sin\frac{4k+1}{2}\underline{\omega} + \sum_k a_{2k}\sin\frac{4k-1}{2}\underline{\omega} \tag{37}$$

with:

$$a_{2k+1} = K'\frac{\binom{N_1}{(N_1-1)/2-k}}{4k+1};\; k = \overline{0,\frac{N_1-1}{2}};\; a_{2k} = K'\frac{\binom{N_1}{(N_1+1)/2-k}}{4k-1};\; k = \overline{0,\frac{N_1+1}{2}} \tag{38}$$

for $N_1$ odd and:

$$a_{2k+1} = K'\frac{\binom{N_1}{N_1/2-k}}{4k+1};\; k = \overline{0,\frac{N_1}{2}};\; a_{2k} = K'\frac{\binom{N_1}{N_1/2-k}}{4k-1};\; k = \overline{0,\frac{N_1}{2}} \tag{39}$$

for $N_1$, even. The constant K' is given by:

$$K = \frac{K}{2^{N_1 - 1}} = - \frac{\sqrt{2} \prod_{i=0}^{N_1} (2i+1)}{2^{2N_1} N_1 !} \tag{40}$$

## 4. Recurrence relations for the Hilbert transformer coefficients.

To improve the computation speed in determining the coefficients, it is more convenient to have some recurrence relations amoung these coefficients. Before to obtain these relations we can remark that the Hilbert transformers realized by **linear FIR filters of type 3** have the same coefficients $a_{2k+1}$ for $m = (N - 1)/2 = 2p+1$ or $m = 2p+2$. Consequently they have the same zero phase transfer function $H_0(e^{j\omega})$ because the even coefficients are zero. As a result the two causal impulse responses are in the relation $h_{2p+2}[n] = h_{2p+1}[n-1]$. So the odd length Hilbert transformer will have always the odd values for the parameter m, what means the length $N = 4_{p+3}$ for the impulse response h[n].

By using the expressions (12), we can obtain the recurrence relations for the Hilbert transformer coefficients. First we determine the coefficient $a_1$ by the formula:

$$a_1 = - \prod_{i=0}^{(m-1)/2} \left( \frac{2i+1}{2i} \right)^2 \frac{2}{m} \tag{41}$$

and then using the recurrence relations:

$$a_{2k+1} = a_{2k-1} \frac{2k-1}{2k+1} \cdot \frac{\frac{m+1}{2} - k}{\frac{m+1}{2} + k}$$

$$\text{and } a_{2k} = 0 \text{ with } k = \overline{1, \frac{m-1}{2}} \tag{42}$$

we can compute the other m - 1 coefficients.

Taking into account the expression (3), (4) and the antisimmetry property of the impulse response we determine the coefficients h[n] by the relations:

$$h[n] = \frac{1}{2} a_{(N-1)/2-n} \text{ for } n = \overline{0, \frac{N-3}{2}}; h[(N-1)/2] = 0$$

$$h[n] = h[N-1-n] \text{ for } n = \overline{\frac{N+1}{2}, N-1} \tag{43}$$

For a Hilbert transformer realized by a **linear phase FIR filter of type 4,** from the expression (38), (39), (40), we find the following recurrence relations:

a) $N_1$ odd ($N_1 = N / 2 - 1$):

$$\alpha = \prod_{i=1}^{\frac{N_1 - 1}{2}} \frac{2i+1}{4i}; \quad \beta = \prod_{i=1}^{\frac{N_1 + 1}{2}} \frac{N_1 + 2i}{4i}; \quad a_1 = -\sqrt{2} \ \alpha \beta;$$

$$a_2 = \frac{1}{3} a_1 \tag{44}$$

$$a_{2k+1} = a_{2k-1} \frac{\frac{N_1 + 1}{2} - k}{\frac{N_1 + 1}{2} + k} \frac{4k-3}{4k+1};$$

$$a_{2k+2} = a_{2k} \frac{\frac{N_1 + 1}{2} - k}{\frac{N_1 + 1}{2} + k} \frac{4k-1}{4k+3}; \quad k = \overline{1, \frac{N_1 - 1}{2}} \tag{45}$$

b) $N_1$ even:

$$\alpha = \prod_{i=1}^{\frac{N_1}{2}} \frac{2i+1}{4i}; \quad \beta = \prod_{i=1}^{\frac{N_1}{2}} \frac{N_1 + 2i + 1}{4i}; \quad a_1 = -\sqrt{2} \ \alpha \beta;$$

$$a_2 = \frac{N_1}{3(N_1 + 2)} a_1 \tag{46}$$

$$a_{2k+1} = a_{2k-1} \frac{\frac{N_1}{2} - (k-1)}{\frac{N_1}{2} + k} \frac{4k-3}{4k+1}; k = \overline{1, \frac{N_1}{2}};$$

$$a_{2k+1} = a_{2k} \frac{\frac{N_1}{2} - k}{\frac{N_1}{2} + (k+1)} \frac{4k-1}{4k+3}; k = \overline{1, \frac{N_1}{2} - 1}; \tag{47}$$

In this case the coefficients h[n] for the Hilbert transfirmer are given by:

$$h[n] = \frac{1}{2} a \frac{N}{2^{-n}} \text{ for } n = \overline{0, \frac{N}{2} - 1};$$

$$h[n] = - h[N-1-n] \text{ for } n = \overline{\frac{N}{2}, N-1} \tag{48}$$

| m | N | $B_m$ | $b_1$ | $b_3$ | $b_5$ | $b_7$ | $b_9$ | $b_{11}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 7 | $2^3$ | 9 | 1 | - | - | - | - |
| 5 | 11 | $2^7$ | 150 | 25 | 3 | - | - | - |
| 7 | 15 | $2^{10}$ | 1225 | 245 | 49 | 5 | - | - |
| 9 | 19 | $2^{15}$ | 39690 | 8820 | 2268 | 405 | 35 | - |
| 11 | 23 | $2^{18}$ | 320166 | 76230 | 22869 | 5445 | 847 | 63 |

Tabel 1 -The coefficients of the odd length Hilbert transformer

## 5. Examples and conclusions

For small values of length N, the coefficients can be calculated by using compact formulas (10) and (12) for N odd or (38) and (39) for N even.

The Table 1 contains the coefficients $b_{2k+1}$ of the Hilbert transformer with the odd length N, of type N = 4p+3, from 7 till 23. The coefficients $a_{2k+1}$ are:

$$a_{2k+1} = - b_{2k+1} / B_m \quad \text{for } k = 0, \overline{\frac{m-1}{2}} \quad \text{and}$$

$$a_{2k} = 0 \; ; \quad \text{for } k = 1, \overline{\frac{m-1}{2}} \tag{49}$$

Similarly we can obtain the coefficients for N even. So for N = 10 ( $N_1 = N / 2 - 1 = 4$ ) and N =

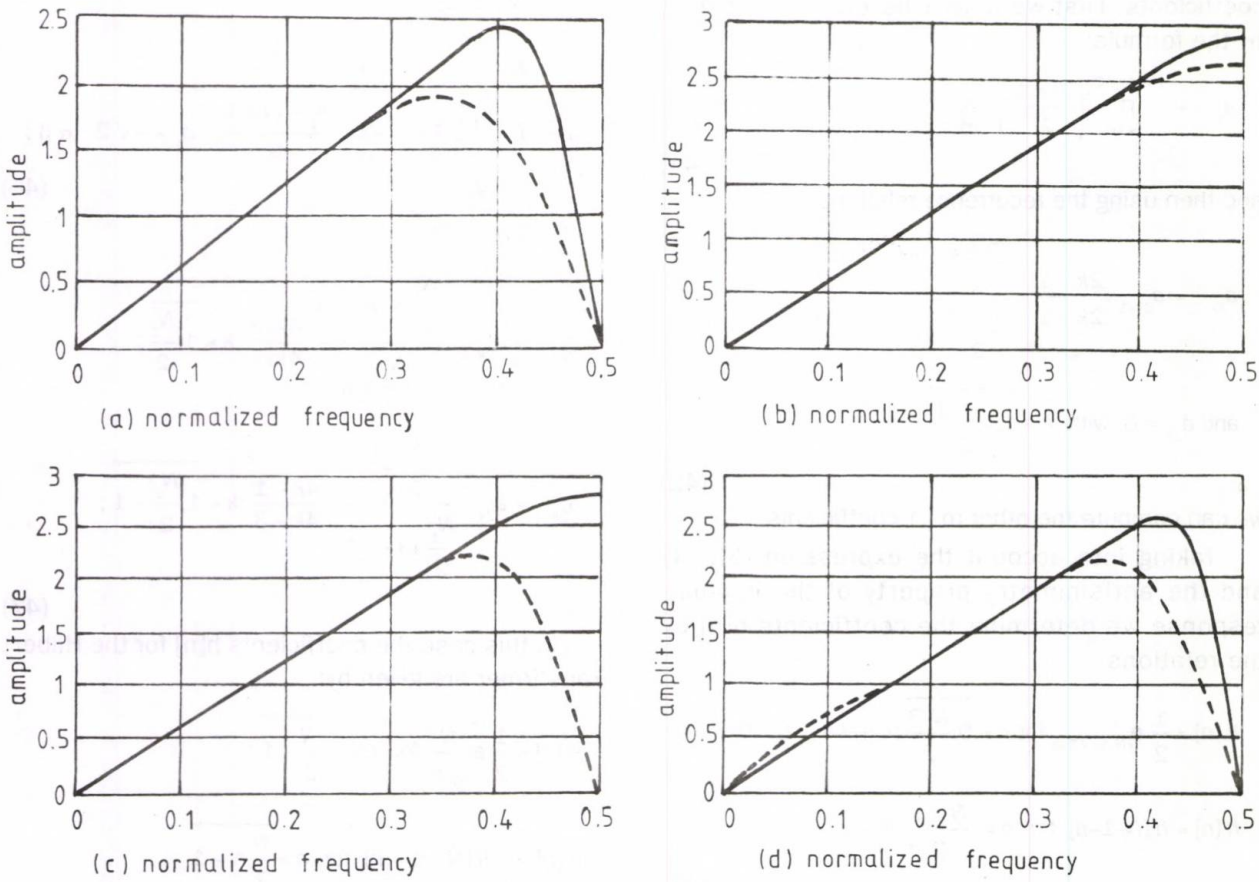


Fig. 1. Amplitude responses for the Hilbert transformers :

12 ( $N_1 = 5$ ) the coefficients calculated by the relations (39), respectively (38) lead to the zero phase transfer functions:

$$H_o(e^{j\frac{\omega}{2}}) = -\frac{\sqrt{2}}{2^{11}}\left(1890\sin\frac{\omega}{2} + 420\sin\frac{3\omega}{2} + \right.$$

$$\left. + \quad 252\sin\frac{5\omega}{2} + 47\sin\frac{7\omega}{2} + 35\sin\frac{9\omega}{2}\right) \tag{50}$$

$$H_o(e^{j\frac{\omega}{2}}) = -\frac{\sqrt{2}}{2^{14}}\left(13860\sin\frac{\omega}{2} + 4620\sin\frac{3\omega}{2} + \right.$$

$$\left. + 1386\sin\frac{5\omega}{2} + 990\sin\frac{7\omega}{2} + 154\sin\frac{9\omega}{2} + 126\sin\frac{11\omega}{2}\right) \tag{51}$$

To obtain the Hilbert transformer coefficients h[n], by using the recurrence relations method, a computer program was elaborated. With the help of this program many exemples were run allowing to compare the obtained performances with those of the digital Hilbert transformers designed by the other methods. So in Fig. 1 some maximally flat amplitude responses are plotted, for linear phase Hilbert transformers of type 3 or 4. These show that the transformer performances are closed to the ideal characteristics (given by the relation (1) when N is larger. We remark also that for the same length, the Hilbert transformers of type 4 have a larger bandwidth than those of type 3.

REFERENCES

[1]. J.F. Kaiser, "Desing Subroutine (MAXFLAT) for Symmetric FIR Lowpass Digital Filters with Maximally Flat Pass and Stop Band", in "Programs for Digital Signal Processing", New York, IEEE Press, pp. 5.3.1.-5.3.6.,1979.

[2]. J. H. McClIelan, T.W.Parks, L. Rabiner, "A computer Program for Disigning Optimum FIR Linear Phase Digital Filters", IEEE Trans. Audio Electroacustics, AU-21, pp. 506-526, 1973.

[3]. Balbir Kmar, S.C Dutta Roy, "Design of Efficient FIR Digital Differentiators and Hilbert Transformers for Midband Frequencies Ranges", International Journal of Circuit Theory and Applications, vol. 17, pp. 483-488, 1989.

[4]. Neculai Dumitriu, " Analysis and Synthesis Methods of Digital Filters and their Utilization for Digital Signal Processing", Ph. D. hesis, University "Politehnica" of Bucharest, 1994.

[5]. P.P. Vaidyanathan, "On Maximally Flat Linear Phase FIR Filters", IEEE Trans. On Circuits and Systems, vol. 31, pp. 830-832, Sept. 1984.

[6]. S.K.Mitra, " Handbook for Digital Signal Processing", John Willey & Sons, New York, 1993.

# Prezentarea cărții: Philip A. Regalia, Adaptive IIR Filtering in Signal Processing and Control, edited by Marcel Dekker, Inc, SUA, 1995

*Conf.dr. ing. Ovidiu Radu* *

**Filtrele adaptive** ocupă un loc central în prelucrarea semnalelor, având proprietatea de a-și schimba caracteristicile în funcție de semnalele aplicate.

Cartea se ocupă numai de filtrele IIR deoarece acestea au calități superioare filtrelor FIR, ceea ce le impune în aplicații.

Lucrarea este divizată în două părți : capitolele 2÷5 constituie prima parte , care tratează sistemele liniare și teoria aproximării raționale; capitolele 6 ÷ 10 repprezintă partea a doua , care este dedicată filtrelor variabile în timp și proiectării algoritmilor adaptivi pentru filtrele recursive. Capitolul 11 conține concluzii și probleme deschise, de perspectivă.

**Capitolul 2** trece în revistă teoria sistemelor liniare și structurile de filtre recursive, elementele de bază care sunt adaptate semnalelor disponibile. Capitolul se concentrează asupra formelor directe și a laticelor normalizate.

**Capitolul 3** prezintă unele criterii de identificare pentru sistemele liniare pe baza teoremei Beurling-Lax și a formelor Hankel. Teorema Beurling-Lax asigură o legătură între teoria operatorilor și sistemele liniare.

Formele Hankel sunt introduse pentru a reduce criteriile de identificare la o strategie comună.

**Capitolul 4** trece în revistă problemele aproximării raționale în norma Hankel. Aceasta deoarece toate problemele filtrelor IIR adaptive sunt tratate prin teoria aproximării raționale.

**Capitolul 5** tratează aproximația rațională în norma $L_2$. Deși acest criteriu este anterior normei Hankel se pot găsi pe această cale multe soluții satisfăcătoare.

**Capitolul 6** prezintă teoria stabilității pentru filtrele recursive variabile în timp. Problema de bază pentru filtrele IIR adaptive este aceea că odată început procesul de modificare a parametrilor, ele pot trece prin stări de instabilitate.

**Capitolul 7** tratează metoda gradientului recursiv, corespunzătoare criteriului de aproximare $L_2$, expus în capitolul 5. O atenție specială este acordată algoritmilor latice pentru a reduce complexitatea lor.

În **capitolul 8** se analizează familia de algoritmi Steiglitz-Mc Bride. Se expun proprietățile funcțiilor de transfer cu ajutorul teoriei interpolării.

**Capitolul 9** prezintă proiectarea algoritmilor pentru teoria hiperstabilității. Se examinează punctele de convergență în termenii condițiilor de interpolare.

**Capitolul 10** expune problemele filtrelor opreşte bandă în legătură cu identificarea și extragerea semnalului sinusoidal din zgomotul de fond. Aceasta este una din aplicațiile unde se dovedește că filtrele IIR sunt superioare filtrelor FIR.

* Universitatea Politehnica din București

# Inversor cu modulație PWM - Walsh cu eliminarea selectivă a conținutului armonic în tensiunea de ieșire

***Constantin Rădoi Valentin Drogoreanu*** *

***Daniel Niculescu*** **

*În lucrare se urmărește realizarea unei noi tehnici de modulație a impulsurilor în durată (PWM - Pulse Width Modulation), bazată pe folosirea funcțiilor Walsh, în scopul obținerii unor performanțe superioare celor permise de metodele PWM clasice (sinusoidală, dreptunghiulară etc). Se obține astfel optimizarea algoritmilor de comandă a invertoarelor PWM, utilizate frecvent în electroalimentarea echipamentelor de telecomunicații, de calcul etc.*

*S-a pornit de la o abordare teoretică datorată autorilor F. Swoft și A. Kamberis ( [1] ), realizându-se un algoritm de calcul bazat pe aceasta și implementarea unui program pentru comanda unui invertor trifazat. Este realizat un modul microprogramat de comandă a invertorului interfațat cu un calculator PC. Verificarea performanțelor s-a făcut atât prin monitorizarea funcționării invertorului comandat în regim de modulație PWM - Walsh, cât și prin simularea sa cu PSpice.*

## Introducere

**Sunt tratate** două aspecte: unul reprezentând aparatul teoretic necesar fundamentării acestei noi tehnici de modulație, aplicabilă în diverse situații, iar cel de-al doilea fiind cel aplicativ și constă în implementarea acestei tehnici de modulație pe un caz concret, prin realizarea algoritmului de comandă pentru un invertor. În tehnicile de modulație PWM convenționale, semnalul de comandă pentru dispozitivele de comutație se generează din intersecția unui semnal triunghiular, cu un semnal sinusoidal sau dreptunghiular. În cazul acestei noi tehnici de modulație se calculează direct unghiurile de comandă ce permit obținerea unei anumite amplitudini a fundamentalei și a unui conținut armonic mai redus decât prin modulația PWM convențională.

Semnalele de comandă sunt generate cu ajutorul unui microcalculator compatibil IBM-PC și trimise circuitului de putere prin intermediul unui modul de comandă microprogramat.

Sunt fructificate avantajele suplimentare oferite de tehnica de moculație PWM cu funcții Walsh, pe lângă cele datorate standardizării modulului de comandă interfațat cu calculatorul. Aceste avantaje sunt: posibilitatea reglării amplitudinii fundamentalei tensiunii de ieșire a invertorului, concomitent cu eliminarea tuturor armonicilor de ordin par, a armonicilor de ordin impar triplu și a unui număr de armonici de ordin impar netriplu, în funcție de complexitatea semnalului de comandă.

Marele avantaj oferit de utilizarea funcțiilor Wlash este acela că sistemul de ecuații ce leagă valorile unghiurilor de comutație de amplitudinile

* C. Rădoi - conf.dr.ing., V.Drogoreanu - doctorand Universitatea Politehnica București
** D. Niculescu - ing. B.A. Florești

armonicilor este un sistem liniar, spre deosebire de analiza cu serii Fourier, unde sistemul de ecuații este **neliniar** și **transcendent**.

## 1. Metoda de modulație PWM cu funcții Walsh

### 1.1. Forma de undă PWM

Se pornește de la un semnal de comandă ***v*** prezentat în figura 1, având o formă particulară, denumit **formă de undă PWM,** cu următoarele proprietăți:

- pornește în t = 0 din valoarea +1 ;
- prezintă simetrie pară față de $\pi/2$ *și* $\pi/3$;
- prezintă simetrie față de $\pi$ ;
- prezintă un număr de M unghiuri de comutație situaste în primul sfert de perioadă, deci are un număr de 4M+2 unghiuri de comutație într-o perioadă (două dintre acestea fiind $\pi$ *și* $2\pi$);
- fiecare unghi poate să varieze doar în interiorul unuia dintre cele 2N subintervale Walsh, obținute prin împărțirea perioadei.

**Analiza Fourier a formei de undă PWM**

Pentru o formă de undă PWM cu M unghiuri în primul sfert de perioadă, spectrul Fourier este o sumă alternată a spectrelor Fourier ale formelor de undă PWM cu un singur unghi ce s-ar obține prin descompunerea acesteia:

$$V_n = \frac{4}{n\pi}\left[1+2\sum_{k=1}^{M}(-1)^k \cos(n\alpha_k)\right] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_n = \frac{4}{n\pi} + \sum_{i=1}^{M}(-1)^{i-1} V_n^i \qquad (1)$$

**Analiza Walsh a formei de undă PWM**

Pentru o formă de undă PWM cu un singur unghi (M=1), datorită proprietăților de simetrie menționate anterior, rezultă că numai coeficienții funcțiilor "sal" de ordin impar sunt prezenți în dezvoltarea în serie Walsh, lucru echivalent cu prezența doar a componentelor impare în sinus în domeniul Fourier. Atunci expresia coeficientului spectral Walsh este:

$$F^w(4r-3) = \int_0^1 f(t)\, wal(4r-3,t)\, dt, \qquad (2)$$

iar evaluarea integralei este necesară doar pe primul sfert de perioadă. Considerăm un set de $2^N$ funcții Walsh și divizăm intervalul [ 0,1 ) în $2^N$ subintervale egale. Notăm $F^w$ ( m,l ) coeficientul spectral Walsh de ordin m al unei forme de undă PWM cu un singur unghi situat în subintervalul **l** din primul sfert de perioadă, adică:

$$\frac{l-1}{2^N} < \alpha < \frac{l}{2^N} \qquad (3)$$

Rezulă:

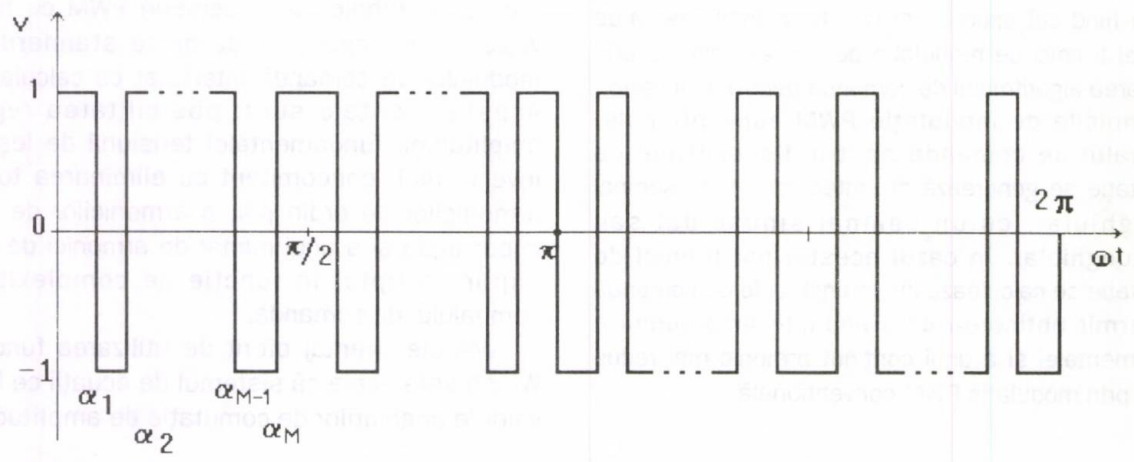


Fig. 1 - Forma de undă PWM generală (cu M unghiuri în primul sfert de perioadă)

$$F^{w}(m,1) = 4\left[\int_{0}^{\frac{l-1}{N}} 1\cdot wal(m,t)\,dt + \int_{\frac{l-1}{N}}^{\alpha} 1\cdot wal(m,l)\,dt + \int_{\alpha}^{\frac{1}{N}} (-1)\cdot wal(m,1)\,dt + \int_{\frac{1}{N}}^{\frac{2^{N-2}}{N}} (-1)\cdot wal(m,1)\,dt\right] \quad (4)$$

După prelucrări se obține:

$$F^{w}(m,1) = 8\,\alpha\, wal(m,l) + \frac{1}{2^{N-2}}\left[\sum_{p=1}^{l-1} wal(m,p) - \sum_{p=l+1}^{2^{N-2}} wal(m,p-(2l-l)wal(m,l)\right], \quad (5)$$

în care m = 4r - 3 și r = 1,2,...,$2^{N-2}$

Se observă că $F^{w}$ (m,l) depinde atât de valoarea unghiului $\alpha$, cât și de subintervalul ***l*** în care se află acesta. Putem evidenția această dublă dependență, astfel:

$$F^{w}(m,l) = 8\cdot\alpha\cdot wal(m,l) + C(m,l), \quad (6)$$

unde:

$$C(m,l) = \frac{l}{2^{N-2}}\left[\sum_{p=1}^{l-1} wal(m,p) - \sum_{p=l+1}^{2^{n-2}} wal(m,p) - (2l-l)\,wal(m,l)\right] \quad (7)$$

Deci termenul C (m,l) arată corespondența (constantă) dintre funcția Walsh de ordin m și subintervalul în care se găsește unghiul $\alpha$. Evaluând deci C(m, 1) pentru l = 1,2,...,$2^{N-2}$ și m = 4r - 3, r = 1,2,...,$2^{N-2}$, se numește "matricea operațională Walsh" ( WOM - PWM - Walsh Operational Matrix for PWM) și este folosită în formarea ecuațiilor coeficienților spectrali Walsh pentru o formă de undă PWM.

## Analiza Walsh a unei forme de undă PWM cu M unghiuri

Deoarece spectrele Fourier și Walsh ale formedi de undă PWM sunt legate prin relația $F^{f} = B \cdot F^{w}$, iar spectrul Fourier al acestei funcții se exprimă ca o sumă alternată a spectrelor Fourier ale formelor de undă primare (cu un singur unghi), conform relației (1), rezultă că spectrul Walsh se poate exprima ca fiind o combinație liniară a unghiurilor $\alpha_i$. Notând cu $F^{w}$ (m, ($l_1$, $l_2$,... $l_M$)) coeficientul spectral Walsh, unde $l_1$, $l_2$,...,$l_M$ sunt subintervalele în care se găsesc cele M unghiuri $\alpha_i$, rezultă:

$$F^{w}(m,(l_1,l_2,\ldots,l_M)) = \sum_{i=1}^{M} (-1)^{i-1} F^{w}(m,l), \quad (8)$$

Astfel relația dintre spectrele Fourier și Walsh devine:

$$[V_n] = B\cdot\left[F^{w}(m,(l_1,l_2,\ldots,l_M))\right]. \quad (9)$$

Fiecare unghi se supune unei constrângeri dat1 de limitele subintervalului în care se află:

$$\frac{l_i - 1}{2^N} < \alpha_i < \frac{l_1}{2^N}, \quad (10)$$

unde i = 1,2,...,M.

### 1.2. Problema eliminării a M - 1 armonici

Conform celor arătate mai sus, rezultă că ecuația matricială (9) reprezintă un set de ecuații liniare în necunoscutele $\alpha_i$. Aceste ecuații sunt supuse la constrângerile date de limitele intervalelor în care se pot afla unghiurile, (10). Dacă [ $\alpha_i$ ] este vectorul de ordinul M al unghiurilor, putem scrie ecuația (9) astfel :

$$Q\cdot[\alpha_i] + R = [V_n], \quad (11)$$

unde Q este o matrice de coeficienți constanți, de ordinul n x M, iar R este un vector de coeficienți constanți, de dimensiunea n x l, cu n > M.

Din aceste n ecuații se aleg M, corespunzând fundamentalei și celor M - 1 armonici ce se doresc a fi eliminate (armonici de ordin impar, netriplu, de ordin cel mult (n+1)/2. Se obține un sistem de M ecuații liniare, ce leagă valorile armonicilor de valorile unghiurilor de comutație, supus la setul de constrângeri exprimat mai sus:

$$Q^{M}\cdot[\alpha_i] + R^{M} = [V_n]^{M}, \quad (12)$$

unde $Q^{M}$ și $R^{M}$ au ordinele M x M și respectiv M x l.

Pentru a elimina cele M - 1 armoinici alese, punem elementele vectorului $[V_n]^M$ zero, cu excepția lui $V_1$, pe care îl considerăm parametru. În aceste condiții, se obțin soluțiile:

$$[\alpha_i] = P \cdot [V_n]^M - S, \tag{13}$$

unde:

$$P = \left(Q^M\right)^{-1} \text{ și } S = \left(Q^M\right)^{-1} \cdot R^M$$

și deoarece

$$[V_n]^M = [V_1 00...0]^T = V_1 \cdot [100...0]^T, \tag{14}$$

rezultă:

$$[\alpha_i] = P \cdot V_i \cdot [100...0]^T - S \tag{15}$$

Se obține sistemul de ecuații:

$$\begin{cases} \alpha_1 = P_1 V_1 - S_1, \\ \alpha_2 = P_1 V_1 - S_2, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots, \\ \alpha_M = P_M V_1 - S_M \end{cases} \tag{16}$$

Avem aici relații ce leagă unghiurile de valoarea fundamentalei. Corespunzător variației unghiurilor în interiorul subintervalelor Walsh, (10), fundamentala se situează în următoarele intervale:

$$\begin{cases} \dfrac{l_1 - 1 + 2_N S_1}{P_1 2_N} < V_1^1 < \dfrac{l_1 + 2^N S_1}{P_1 2^N} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ \dfrac{1_M - 1 + 2^N S_M}{P_M^{2^N}} < V_1^M < \dfrac{1_M + 2^N S_M}{P_M^{2^N}} \end{cases} \tag{17}$$

Prin intersecția intervalelor determinate de relațiile anterioare, se poate deduce domeniul de variație a fundamentalei. Prezintă interes practic doar cazurile în care în urma intersecției rezultă un interval nenul, conform relației:

$$V_1^c = V_1^1 \cap V_1^2 \cap V_1^3 \ldots\ldots \cap V_1^M = (V_{min}, V_{max}) \tag{18}$$

Înlocuind acum valorile extreme ale acestui interval în ecuațiile de mai sus obținem limitele admise în care pot lua valori cele M unghiuri. Aceste intervale le înlocuiesc pe cele originale, date de setul de constrângeri.

### 1.4. Exemplu

Pentru N = 6, M = 2, considerând unghiurile plasate în subintervalele Walsh al 5-lea și al 8-lea și selectând ecuațiile ce corespund fundamentalei și armonicii a 5-a (cea mai deranjantă) din setul de relații ce exprimă legătura între spectrele Fourier și Walsh, obținem sistemul:

$$6{\cdot}8381 \cdot \alpha_1 - 10{\cdot}7406 \cdot \alpha_2 + 1{\cdot}6364 = V_1 \ cu$$

$$4/64 < \alpha_1 < 5/64,$$

$$12{\cdot}7227 \cdot \alpha_1 + 8{\cdot}1433 \cdot 1{\cdot}7237 = V_5 \ cu$$

$$7/64 < \alpha_2 < 8/64$$

Pentru eliminarea armonicii a 5-a, impunem $V_5=0$

Rezolvând sistemul în $\alpha_i$, obținem:

$$\alpha_i = 0{\cdot}042339 \cdot V_1^1 + 0{\cdot}026973,$$

$$\alpha_2 = -0{\cdot}66148 \cdot V_1^2 + 0{\cdot}1695$$

Prin înlocuirea valorilor extreme pe care le pot lua unghiurile se obțin inecuațiile:

$$0{\cdot}8391 < V_1^1 < 1{\cdot}2082 \text{ și } 0{\cdot}6731 < V_1^2 < 0{\cdot}9093$$

Deci intervalul comun al fundamentalei este:

$$0{\cdot}8391 < V_1 < 0{\cdot}9093$$

Înlocuind aceste valori extreme ale tensiunii, obținem noile intervale de variație pentru unghiuri:

$$V_1 = 0{\cdot}8391 \Rightarrow \alpha_1 = 0{\cdot}062499 \text{ și } \alpha_2 = 0{\cdot}113995;$$

$$V_1 = 0{\cdot}9093 \Rightarrow \alpha_1 = 0{\cdot}065471 \text{ și } \alpha_2 = 0{\cdot}109571$$

Deci rezultatele acestui exemplu pot fi sintetizate astfel: pentru o formă de undă PWM cu două unghiuri, situate în intervalele al 5-lea și al 8-lea:

- **1)** fundamentala variază între $0.8391 < V_1 < 0.9093$;
- **2)** armonica a 5-a este eliminată;
- **3)** unghiurile sunt situate în intervalele: $22{\cdot}49^o < \alpha_1 < 23{\cdot}56^o$, $39{\cdot}36^o < \alpha_2 < 41{\cdot}03^o$

## 2. Metoda de modulație PWM - Walsh și implementarea ei pentru comanda unui invertor trifazat. Performanțele metodei.

### 2.1. Metoda de modulație PWM - Walsh

A fost realizat un algoritm de calcul care, pornind de la o anumită configurație de intrare (ce cuprinde parametrii N, M, intervalele în care

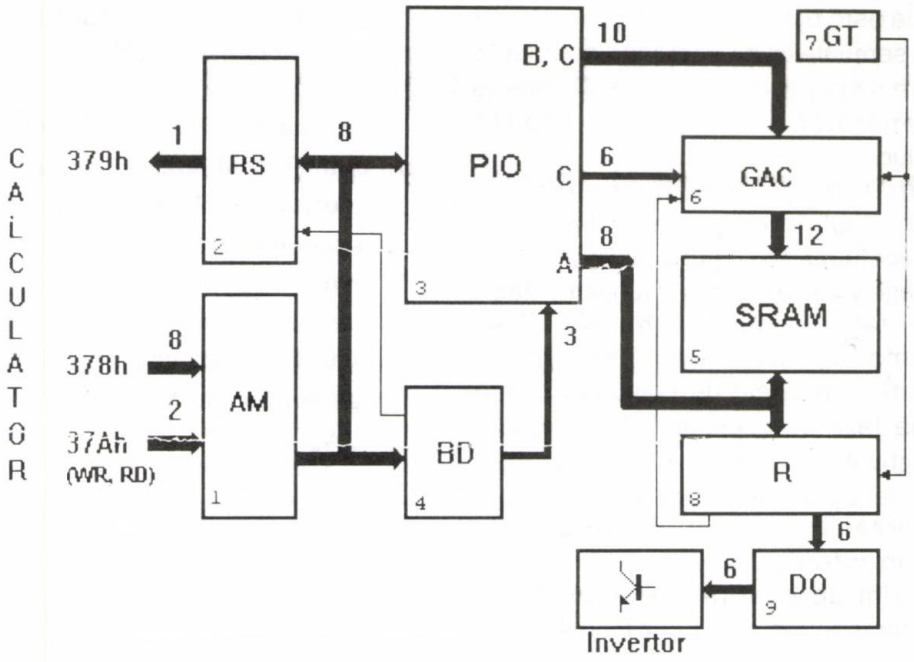


Fig. 2 - Modul de comandă microprogramat interfațat cu calculator PC

sunt situate unghiurile și ordinele celor M - 1 armonici ce trebuie eliminate, furnizează gama de variație a fundamentalei și intervalele în care trebuie să se situeze unghiurile pentru a elimina armonicile selectate. Acest algoritm are ca suport dezvoltarea teoretică prezentată anterior și a fost implementat în limbajul de programe Turbo C ++.

Marea dificultate care intervine este legată de faptul că majoritatea configurațiilor de intrare nu conduc la o soluție, mai precis intervalul de variație a fundamentalei ( $V_{min}$, $V_{max}$ ) de cele mai multe ori nu există. Pentru obținerea unor bune performanțe trebuie ca N > 6, M > 3, iar N și M să fie cât mai depărtați. Însă cu cât N și M sunt mai mari cu atât crește numărul de configurații de intrare posibile, iar probabilitatea de a obține un interval comun pentru fundamentală scade puternic. Astfel, pentru parametrii N = 8, M = 5 și eliminarea armonicilor a 5-a, a 7-a, a 11-a și a 13-a este necesară aplicarea algoritmului pentru un număr de 7.624.512 configurații de intrare. Performanțele obținute justifică acest efort de calcul permițând eliminarea tuturor armonicilor până la ordinul 17, o gamă de variație a fundamentalei între 0 și 1.2 $V_{cc}$ și un factor toral de distorsiuni sub 1 %.

Modalitatea de folosire a aparatului teoretic prezentat pentru un set de parametri N și M constă în investigarea tuturor configurațiilor de intrare rezultate prin plasarea unghiurilor în anumite intervale, în vederea obținerii conținutului armonic impus. Dintre aceste configurații de intrare un număr mic prezintă soluție, iar dintre acestea se alcătuiește un tabel (look up table) care pune în corespondență valorile fundamentalei și combinațiile de unghiuri care le generează cel mai bine,având rezoluția dorită pentru acoperirea intervalului ( 0, 1 ) $V_{cc}$.

***Esența tehnicii de modulație Walsh*** constă în determinarea prin calcul a unghiurilor de comutație ale semnalului de comandă care asigură valoarea dorită a fundamentalei și eliminarea anumitor armonici.

### 2.2. Comnada unui invertor trifazat cu metoda de modulație Walsh

Tehnica de modulație PWM - Walsh este aplicată pentru generarea comenzii unui invertor trifazat în punte, echipat cu tranzistoare bipolare, lucrând pe o sarcină simetrică conectată în triunghi. Semnalele de comandă necesare intervalului sunt obținute prin intermediul unui modul de comandă microprogramat din fig. 2, interfațat cu un microcalculator compatibil IBM-PC, realizat în jurul unui circuit Intel 8255 (PIO) și prevăzută cu o memorie SRAM, [2]. Funcționarea, pe scurt, este următoarea: calculatorul scrie în memoria SRAM a modulului de comandă eșntioanele semnalelor de comandă ale dispozitivelor de comutație, după care este pus în funcțiune un numărător de adrese (GAC).

Astfel memoria este baleiată în mod continuu, iar eşantioanele semnalelor de comandă sunt citite şi trimise către dispozitivele de putere. Frecvenţa de tact a generatorului de adrese impune frecvenţa de lucru a invertorului.

Modalitatea de calcul a semnalelor de comandă este: după investigarea configuraţiilor de intrare şi alcătuirea tabelului de combinaţii de unghiuri se alege valoarea dorită a fundamentalei, se citesc din tabel valorile unghiurilor şi se compune forma de undă PWM - Walsh având aceste unghiuri; semnalele de comandă pentru celelalte două faze se obţin prin defazarea cu $2\pi / 3$, respectiv $4\pi / 3$ a primului. Eşantioanele semnalelor de comandă sunt trimise apoi memoriei SRAM din cadrul modulului de comandă, prin intermediul circuitului 8255. Numărul maxim de eşantioane depinde de capacitatea memoriei, în acest caz fiind 1024.

***Blocurile componente şi funcţiile lor sunt:***

- **1)** Amplificatoare de magistrală pentru semnale de date şi control, (AM), realizate cu ajutorul unui circuit 74LS245, pentru separarea magistralei de date şi 74LS04 pentru separarea semnalelor de scriere şi citire (WR, RD) generate de calculator.
- **2)** Blocul de citire serială a datelor, (RS), realizat cu circuitul 74LS165, permite atât memorarea datelor, precum şi serializarea acestora în vederea citirii de ctre calculator.
- **3)** Interfaţa programabilă realizată cu circuitul Intel 8255, (PIO);

Gestionează încărcarea secvenţelor de comandă în memoria SRAM:

- **portul A** al 8255 permite atât scrierea datelor în SRAM, cât şi citirea acestora;
- **portul B şi 2 biţi ai portului C** permit înscrierea unei adrese dorite în numărătoarele blocului generator de adrese şi comenzi (GAC);
- **portul C** (cei şase biţi rămaşi) permite generarea semnalelor de control pentru GAC.

- **4)** Blocul logic de decodare porturi şi comenzi, (BD).

Utilizând informaţiile de selecţie transmise pe magistrala de date, precum şi semnalele RD şi WR furnizate de calculator, generează semnalele WR, RD şi CS pentru 8255, validează/invalidează blocul amplificatoarelor de magistrală (AM) şi generează semnalele de comandă pentru registrul de serializare a datelor (RS).

- **5)** Memoria de miocroprogram, (SRAM) este realizată cu ajutorul a două circuite de tip Intel 2114 (102 x 4) şi stochează informaţia referitoare la comanda unghiulară a invertorului.
- **6)** Generatorul de adrese şi comenzi pentru memorie (GAC) este alcătuit dintr-un bloc de numărare, realizat cu circuite 74LS193. Asigură generarea

| | MODULATIE SINUSOIDALA | | | MODULATIE WALSH | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PARAM ---------- COMP | n=3 m=0.8 | n=3 m=0.95 | n=3 m=0.2 | N=6, M=2 (11,16) arm. 5 | N=6, M=2 (5,8) arm. 5 | N=6, M=2 (2,4) arm. 5 | N=6, M=2 (4,8) arm. 5 |
| DC | -9.4E-2 V | -5.8E-2 V | -2.7E-2 V | 1.9E-8 V | -7.2E-7 V | 1.76E-6 V | 4.55E-7 |
| V1 | 9.8 V | 11 V | 3.148 V | 2.33 V | 14.72 V | 20.67 V | 12.03 V |
| V2/V1 | 1.92E-2 | 1.067E-2 | 1.729 E-2 | 1.859 E-8 | 1.093 E-7 | 2.905 E-7 | 7.508 E-8 |
| V3/V1 | 1.935E-2 | 1.066E-2 | 1.792 E-2 | 1.012 E-3 | 1.495 E-4 | 2.107 E-5 | 9.059 E-5 |
| V4/V1 | 1.915E-2 | 1.062E-2 | 1.727 E-2 | 1.812 E-8 | 1.356 E-7 | 4.027 E-2 | 7.266 E-8 |
| V5/V1 | 1.145 | 1.108 | 1.123 E-2 | 4.509 E-3 | 1.938 E-2 | 2.766 E-2 | 4.349 E-2 |
| V6/V1 | 1.899E-2 | 1.060E-2 | 1.755 E-2 | 1.918 E-8 | 1.674 E-7 | 6.537 E-8 | 6.852 E-8 |
| V7/V1 | 4.138E-2 | 1.076E-1 | 7.929 E-2 | 1.024 E-1 | 7.439 E-1 | 9.303 E-2 | 1.07 E- |
| V8/V1 | 1.879E-2 | 1.059E-2 | 1.727 E-2 | 2.058 E-8 | 1.988 E-7 | 2.931 E-7 | 6.409 E-8 |
| V9/V1 | 1.856E-2 | 1.071E-2 | 1.775 E-2 | 1.192 E-3 | 1.031 E-4 | 2.679 E-5 | 3.022 E-4 |
| THD | 114.66% | 111.36% | 137.33% | 11.35% | 74.41% | 9.57% | 107% |

Tabel comparativ pentru modulaţiile PWM sinusoidală şi PWM - Walsh.

adreselor memoriei, atât la încărcarea cu secvențele de comandă, cât și la citirea în regimul normal de funcționare. De asemenea generează semnalele de comandă pentru SRAM (CS, WR, RD);

- **7)** Generator de tact, (GT);
- **8)** Registru de ieșire, (R);
- **9)** Drivere optoizolate, (DO) - bloc ce permite atât izolarea galvanică a semnalelor furnizate de modulul de comandă (cu ajutorul unor optocuploare), cât și amplificarea acestora (cu amplificatoare de impulsuri) pentru atacul tranzistoarelor ciercuitului invertor.

### 2.3. Performanțele invertorului PWM - Walsh

Pentru stabilirea performanțelor s-a recurs la monitorizarea funcționării și la analiza cu PSpice a intervalului comandat prin două metode: metoda de modulație PWM convențională (sinusoidală) și metoda de modulație PWM - Walsh. Criteriul după care s-a făcut comparația este conținutul armonic al tensiunii de ieșire, pentru semnale de comandă cu un număr cât mai apropiat de pulsuri pozitive, la amplitudini ale fundamentalei cât mai apropiate. În cazul modulației PWM sinusoidale parametrii sunt: raportul frecvențelor undelor triunghiulară și sinusoidală1, iar m - raportul invers al amplitudinilor undelor. În analiza efectuată, am considerat echivalente situațiile: n = 3 cu 12 comutații în o perioadă, și M = 2 cu 10 comutații într-o perioadă:

**Compararea rezultatelor obținute indică următoarele:**

- **1.** Modulația Walsh elimină cu mult mai bine componenta continuă și armonicile de ordin par (ele sunt cu 5 - 6 ordine de mărime mai mici decât în cazul metodei convenționale), având valori normate cuprinse în intervalul $10^{-7} + 10^{-8}$.
- **2.** Eliminarea armonicilor de ordin impar triplu (respectiv $V_3$, $V_9$,...) este cu $1 \div 3$ ordine de mărime mai bună decât în cazul modulației convenționale. La aceasta din urmă avem valori normate ale armonicelor cuprinse între $10^{-3} \div 10^{-2}$, pe când modulația Walsh iau valori în intervalul $10^{-5} \div 10^{-3}$, depinzând de M.
- **3.** Eliminarea armonicilor de ordin impar netriplu ( V5, V7,...) - în fapt cele vizate - se face cu destulă acuratețe, însă ele nu sunt chiar anulate, cum promite teoria. Sursele de erori sunt legate atât de software, cât și de hardware. Astfel, precizia calculului coeficienților Fourier ai funcțiilor Walsh influențează puternic acuratețea determinării unghiurilor de comutație, însă acest calcul este și cel care durează 95% din timpul de execuție al programului de calcul. În ceea ce privește partea de hardware am identificat două surse de erori : rezoluția limitată la 1024 puncte a perioadei, datorită căreia un unghi al semnalului de comandă nu are chiar valoarea calculată, ci este rotunjit la cea mai apropiată din cele 1924 valori posibile, iar a doua sursă de erori este modalitatea de generare a comenzii pentru celelalte două faze - prin decalarea cu $2\pi / 3$, respectiv $4\pi / 3$, - în realitate fiecare semnal mai trebuie decalat cu încă un grad, pentru a preveni intrarea simultană în conducție a tranzistoarelor de pe o coloană.
- **4.** Factorul total de distorsiuni THD (Total Harmonic Distorsion) calculat este de obicei mai mic în cazul modulației Walsh. Apar și excepții, însă semnificația lor este aceea că în conținutul tensiunii de ieșire există armonici de amplitudini mari, însă ele sunt situate în frecvențe înalte și nu deranjează, putând fi ușor filtrate.
- **5.** În ceea ce privește precizia reglării amplitudinii performanțelor obținute sunt mai slabe, rezultând erori destul de mari (10...20)%. Sursele de erori sunt aceleași de mai sus, însă efectul lor este mai puternic, fapt explicabil prin aceea că eliminarea armonicilor este condiționată de plasarea unghiurilor în anumite intervale, pe când obținerea unei anumite amplitudini a fundamentalei este condiționată de valori precise ale unghiurilor, deci avem o condiție mai strictă și mai greu de îndeplinit în cazul de față.

  Trebuie remarcat faptul că erorile sunt conjuncturale, ele putând fi reduse: prin

folosirea unor algoritmi de calcul de tip FFT coeficienţii Fourier, prin creşterea rezoluţiei perioadei (ceea ce înseamnă mărimea capacităţii memoriei SRAM a modului de comandă) şi prin folosirea unor tranzistoare mai rapide, pentru micşorarea intervalului ede decalare a semnalelor de comandă.

## 3. Concluzii

Tehnica de modulaţie PWM - Walsh prezentată şi exemplificată prezintă evidente avantaje în reducerea conţinutului spectral al tensiunii de ieşire, precum şi o serie de dezavantaje: imprecizia reglării amplitudinii (fundamentală în cazul utilizării unei memorii reduse a modulului de comandă), posibilitatea obţinerii unor domenii discontinue de valori pentru fundamentală ca şi volumul mare de calcule necesar.

Implementarea unei comenzi de tip real bazată pe această metodă se poate face numai prin folosirea unor configuraţii de intrare valide, precalculate, ale căror rezultate sunt memorate sub forma unor tabele (look up tables), astfel încât să fie imediat operante.

Considerăm că acesta este un bun punct de plecare pentru realizarea unor metode de comandă performante, prin aprofundarea pe direcţiile enumerate mai sus.

## BIBLIOGRAFIE

[1]. Fred Swift and Adam Kamberis, "A New Walsh Domain Technique of Harmonic Elimination and Voltage Control in Pulse Width Modulated Inverters", IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 8, April 1993

[2]. J.A. Assmandu and R. G. Hoft, "Microprocessor Based Sinusoidal Waveform Synthesis using Walsh and Related Otrhogonal Functions", IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 4, April 1989

[3]. C. Rădoi, V. Lăzărescu, V. Drogoreanu, "Modul de comandă microprogramat interfaţat cu calculator PC pentru invertoare PWM", Telecomunicaţii 1995

[4]. C. Rădoi, V. Grigore, V. Drogoreanu, "SPICE. Simularea şi analiza circuitelor electronice", Amco Press, Bucureşti 1994

[5]. Herbert Schildt, "Turbo C/C++ : The Complete Reference", Mc. Graw-Hill, 1990

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖZPONTI KÖNYVTÁR ÉS INFORMÁCIÓS 1983